



Aurora da Conceição As questões dos alunos na avaliação em Química
Coelho Moreira



**Aurora da Conceição
Coelho Moreira**

As questões dos alunos na avaliação em Química

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Comunicação e Educação em Ciência, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Maria Helena Gouveia Fernandes Teixeira Pedrosa de Jesus, Professora Associada do Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais

o júri

presidente

Doutor José Joaquim Cristino Teixeira Dias
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Doutora Maria Isabel Tavares Pinheiro Martins
professora catedrática da Universidade de Aveiro

Doutora Maria Helena Gouveia Fernandes Teixeira Pedrosa de Jesus
professora associada da Universidade de Aveiro (Orientadora)

Doutora Maria Arminda Pedrosa e Silva Carvalho
Professora auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

agradecimentos

Começo por agradecer à Professora Helena Pedrosa de Jesus pela sua orientação, presença e apoio fundamentais, que me permitiram simultaneamente desenvolver a autonomia e confiança necessárias à realização deste trabalho. Também pela sua disponibilidade e amizade, principalmente em momentos de decisões importantes.

Um agradecimento especial ao Professor José Teixeira Dias, com quem tive o privilégio de trabalhar, e sem o qual não seria possível a concretização deste trabalho. Obrigada pela receptividade, crítica construtiva e orientação. Pela sua amizade e por ter sido, também, meu professor.

Aos alunos envolvidos no estudo, por serem fundamentais.

Aos docentes da Universidade de Aveiro que colaboraram em algum momento do estudo, dando um importante contributo: Professor Rui Marques Vieira, Mestre José Alberto Costa, Professora Maria do Amparo Faustino e Professora Ana Allen Gomes.

À Dr.^a Manuela Guerreiro Marques e à Paula Veiga, pelo apoio logístico e pela amizade com que sempre fui recebida no Complexo Pedagógico.

À Patrícia e ao Francislê pelo excelente acolhimento na equipa de investigação, pelo convívio e amizade.

Ao meu pai, à minha mãe, ao Zé e à Sofia pelo carinho e apoio incondicionais em todos os momentos e porque que me são essenciais.

A toda a família e amigos (porque não caberiam todos aqui!), e à minha segunda família, em Coimbra.

Ao Nuno, por tudo...

palavras-chave

questionamento, aprendizagem, avaliação, articulação, competências de nível cognitivo superior

resumo

O desenvolvimento de competências de alto nível cognitivo tem sido salientado como um dos objectivos centrais da educação em ciência, nomeadamente no Ensino Superior. Os resultados desta investigação surgem no contexto de um projecto em que a promoção de uma aprendizagem activa e centrada no aluno, procurando desenvolver capacidades de alto nível cognitivo, tem assumido uma importância central nas disciplinas de Química I e II, dirigidas a estudantes do primeiro ano a frequentar várias licenciaturas em Ciências e Engenharias, na Universidade de Aveiro.

Com o objectivo de concretizar a articulação entre as estratégias de ensino e de aprendizagem, baseadas no incentivo ao questionamento dos alunos, foi desenvolvida uma nova metodologia de avaliação no ano lectivo de 2004-2005. Esta metodologia procurou desenvolver instrumentos específicos de avaliação da capacidade de questionamento dos alunos, considerando que uma avaliação articulada com o ensino e a aprendizagem poderia melhorar o desempenho dos alunos e a sua aprendizagem em Química. Esses instrumentos de avaliação foram aplicados, em contexto formativo e sumativo, e as perguntas formuladas pelos alunos analisadas segundo o seu nível cognitivo, relação e orientação para o problema, considerados como indicadores da qualidade das perguntas.

Os resultados sugerem um maior envolvimento dos alunos nessas situações de avaliação, ao longo do ano lectivo, facto suportado pelo aumento do número de perguntas formuladas do primeiro para o segundo semestre.

Verificou-se que 80% dos alunos formularam pelo menos uma pergunta de nível cognitivo superior. As perguntas de elevado nível cognitivo não apresentavam de uma maneira geral as suas respostas na descrição do problema e revelaram, sobretudo, uma orientação para os aspectos químicos do problema. Foi também possível relacionar as perguntas de nível cognitivo superior com os alunos de melhor nível académico e, portanto, com melhores classificações em Química.

Os resultados revelam que é possível articular o ensino, a aprendizagem e a avaliação, através da metodologia adoptada para a avaliação da capacidade de questionamento dos alunos, demonstrando resultados positivos no desenvolvimento da capacidade de questionamento e na sua aprendizagem em Química.

keywords

questioning, learning, assessment, alignment, higher order cognitive skills

abstract

The development of higher cognitive skills has been considered a major goal in Science Education, particularly in Higher Education. The results reported here were obtained on the context of a project aiming at promoting active learning and student-centred approaches in Chemistry teaching, to Science and Engineering undergraduates, at the University of Aveiro, in Portugal. In order to achieve adequate alignment between teaching, learning and assessment strategies, a new assessment method was designed and implemented during the academic year of 2004-2005. This study aimed at developing appropriate assessment tools for students' questioning skills as part of a general strategy for promoting active learning in Chemistry. Written formative and summative assignments were used to evaluate students' performance on questioning. The questions raised by students on these assignments were analysed according to their cognitive level, relationship and orientation with the problem posed, herein considered as quality indicators for the students' questions.

The findings suggest a deep engagement of students within these situations, throughout the academic year, supported by the increase in the number of questions on the second semester. It was found that 80% of the students formulated at least one higher cognitive level question. For higher cognitive questions, it was also found that the corresponding answers were not given in the description of the problem, and that those questions had a strong chemical orientation to the problem. It was possible to associate students' higher cognitive questions with higher achievers.

The results revealed that it is possible the alignment between teaching, learning and assessment strategies through the use of student questions. It was found evidence for learning improvement through development of questioning competencies.

Índice

Lista de Tabelas.....	IV
Lista de Gráficos	VIII
Lista de Figuras.....	VIII

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO..... 1

CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA 9

1. AS QUESTÕES DOS ALUNOS NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM	11
1.1. <i>O questionamento como estratégia de nível cognitivo superior.....</i>	<i>12</i>
1.2. <i>As questões dos alunos na sala de aula</i>	<i>18</i>
1.3. <i>Estratégias de incentivo às questões dos alunos</i>	<i>19</i>
2. O PROCESSO DE AVALIAÇÃO	26
2.1. <i>A articulação entre o ensino, a aprendizagem e a avaliação.....</i>	<i>28</i>
2.2. <i>A avaliação formativa</i>	<i>30</i>
2.3. <i>Formas alternativas de avaliação</i>	<i>32</i>
3. AS QUESTÕES DOS ALUNOS NA AVALIAÇÃO.....	33

CAPÍTULO III - METODOLOGIA..... 37

1. POPULAÇÃO	39
2. MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO E DE RECOLHA DE DADOS	40
2.1. <i>Observação</i>	<i>40</i>
2.2. <i>Recolha das perguntas escritas</i>	<i>40</i>
2.3. <i>Entrevistas.....</i>	<i>42</i>
3. PROCEDIMENTOS.....	43
3.1. <i>Instrumentos de avaliação.....</i>	<i>43</i>
3.1.1. <i>Química I: primeiro semestre</i>	<i>45</i>
3.1.2. <i>Química II: segundo semestre</i>	<i>50</i>
3.2. <i>Contextos de avaliação</i>	<i>53</i>
3.2.1. <i>Avaliação formativa</i>	<i>53</i>

3.2.2. Avaliação sumativa.....	54
4. ANÁLISE DE DADOS	55
4.1. Questões dos alunos.....	55
4.1.1. Primeira proposta de classificação das questões.....	55
4.1.2. Segunda proposta de classificação das questões.....	58
4.1.3. Utilização do computador	63
4.2. Entrevistas.....	64
CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	65
1. RESULTADOS POR TESTE DE AVALIAÇÃO	67
1.1. Química I: primeiro semestre.....	68
1.1.1. Círculos de pedra: primeira avaliação formativa (1. ^a turma).....	68
1.1.2. Electrificação das nuvens: primeira avaliação formativa (2. ^a turma).....	72
1.1.3. Peste do Estanho: primeira avaliação sumativa.....	77
1.1.4. Talidomida: segunda avaliação formativa	82
1.1.5. Feromonas: segunda avaliação sumativa	88
1.2. Química II: segundo semestre.....	94
1.2.1. Chapim real: primeira avaliação formativa	94
1.2.2. Coração de mercúrio: primeira avaliação sumativa.....	101
1.2.3. Kevlar: segunda avaliação sumativa.....	106
2. RESULTADOS GLOBAIS	111
2.1. Nível cognitivo	111
2.2. Relação com a situação-problema	114
2.3. Orientação.....	115
2.4. Relação entre as categorias de análise.....	117
2.5. Número de questões	119
3. RESULTADOS POR ALUNO	121
3.1. Qualidade das questões.....	121
3.2. Relação da qualidade das questões com a aprendizagem	128
3.3. Formulação de questões em contextos formativo e sumativo	131
4. ENTREVISTAS	132
4.1. Opinião dos alunos.....	132

4.2. <i>Opinião do professor</i>	133
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES DO ESTUDO ..	135
BIBLIOGRAFIA	143
ANEXOS.....	153
Anexo I – Guiões das entrevistas com os alunos (1.º e 2.º semestres)	
Anexo II – Guião da entrevista com o professor	
Anexo III – Documento de validação da classificação das questões	
Anexo IV – Questões formuladas pelos alunos na avaliação (em suporte digital)	
Anexo V – Transcrição das entrevistas com alunos e professor (em suporte digital)	

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Número e percentagem de alunos por licenciatura.....	40
Tabela 2 – Contextualização da realização das situações-problema no primeiro semestre (Química I)	49
Tabela 3 –Contextualização da realização das situações-problema no segundo semestre (Química II)	52
Tabela 4 – Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação-problema - “Círculos de pedra”	68
Tabela 5 - Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Círculos de pedra”	69
Tabela 6 – Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema “Círculos de pedra”	69
Tabela 7 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Círculos de pedra”	70
Tabela 8 – Classificação das perguntas segundo a sua orientação - “Círculos de pedra”	70
Tabela 9 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Círculos de pedra”	71
Tabela 10 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema - “Electrificação das nuvens”	72
Tabela 11 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Electrificação das nuvens”	73
Tabela 12 – Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema - “Electrificação das nuvens”	74
Tabela 13 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Electrificação das nuvens”	74
Tabela 14 – Classificação das perguntas segundo a orientação para o problema - “Electrificação das nuvens”	75
Tabela 15 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Electrificação das nuvens”	76
Tabela 16 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema - “Peste do Estanho”.....	77
Tabela 17 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Peste do estanho”	78

Tabela 18 – Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema - “Peste do Estanho”	79
Tabela 19 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema - “Peste do Estanho”	79
Tabela 20 – Classificação das perguntas segundo a orientação para o problema - “Peste do Estanho”	80
Tabela 21 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Peste do estanho”	81
Tabela 22 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema - “Talidomida”	82
Tabela 23 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Talidomida”	83
Tabela 24 – Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema - “Talidomida”	85
Tabela 25 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema e o nível cognitivo – “Talidomida”	85
Tabela 26 – Número de perguntas classificadas segundo a orientação para o problema - “Talidomida”	86
Tabela 27 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Talidomida”	87
Tabela 28 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema - “Feromonas”	88
Tabela 29 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Feromonas”	89
Tabela 30 - Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema - “Feromonas”	91
Tabela 31 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Feromonas”	91
Tabela 32 – Classificação das perguntas segundo a orientação para o problema - “Feromonas”	92
Tabela 33 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Feromonas”	93
Tabela 34 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema - “Chapim real”	94
Tabela 35 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Chapim real”	95

Tabela 36 – Número de perguntas classificadas segundo a relação com a situação-problema - “Chapim real”.....	97
Tabela 37 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Chapim real”.....	98
Tabela 38 - Classificação das perguntas segundo a orientação para o problema - “Chapim real”	99
Tabela 39 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Chapim real”	99
Tabela 40 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema – “Coração de mercúrio”.....	101
Tabela 41 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Coração de mercúrio”.....	102
Tabela 42 – Número de perguntas classificadas segundo a relação com a situação-problema - “Coração de mercúrio”.....	102
Tabela 43 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Coração de mercúrio”.....	103
Tabela 44 – Classificação das perguntas segundo a orientação para o problema - “Coração de mercúrio”.....	104
Tabela 45 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Coração de mercúrio”	105
Tabela 46 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema – “Kevlar”.....	106
Tabela 47 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Kevlar”.....	107
Tabela 48 – Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema - “Kevlar”	108
Tabela 49 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Kevlar”.....	108
Tabela 50 – Classificação da perguntas segundo a orientação para o problema - “Kevlar”	109
Tabela 51 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Kevlar”	110
Tabela 52 - Número total de perguntas formuladas, e respectivas percentagens, por nível cognitivo.....	112

Tabela 53 – Cruzamento entre as variáveis de análise: Nível cognitivo, Relação com a situação-problema e Orientação.....	117
Tabela 54 – Correlação de Spearman entre as variáveis de análise: Nível cognitivo, Relação com a situação-problema e Orientação	119
Tabela 55 - Número de perguntas formuladas em cada teste de avaliação, por semestre	120
Tabela 56 - Nível cognitivo mínimo revelado pelos alunos, em cada semestre	122
Tabela 57 – Nível cognitivo máximo atingido pelos alunos, em cada semestre.....	123
Tabela 58 - Nível mínimo para a “relação com a situação-problema” revelado pelos alunos em cada semestre	125
Tabela 59 - Nível máximo para a “relação com a situação-problema” atingido pelos alunos, em cada semestre	126
Tabela 60 - Nível mínimo para a “orientação” revelado pelos alunos em cada semestre	126
Tabela 61 - Nível máximo para a “orientação” atingido pelos alunos em cada semestre	127
Tabela 62 – Relação entre a nota final e o nível cognitivo máximo alcançado por aluno, no 1.º semestre	129
Tabela 63 - Relação entre a nota final e o nível cognitivo máximo alcançado por aluno, no 2.º semestre	130
Tabela 64 – Número de alunos que formularam perguntas em cada teste de avaliação	131

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Níveis de concordância para o nível cognitivo e a relação com a situação-problema, entre cada juiz (J) e a investigadora (primeira tentativa de validação)	58
Gráfico 2 - Níveis de concordância para o nível cognitivo e a relação com a situação-problema, entre cada juiz (J) e a investigadora (segunda validação)	61
Gráfico 3 - Número total de perguntas formuladas, por nível cognitivo	112
Gráfico 4 - Percentagem de perguntas classificadas por nível cognitivo e por teste de avaliação	113
Gráfico 5 – Percentagem de perguntas de acordo com a relação com a situação-problema, por teste de avaliação.....	114
Gráfico 6 - Percentagem de perguntas de acordo com a orientação para o problema, por teste de avaliação	115
Gráfico 7 - Número médio de perguntas formuladas por aluno, por teste de avaliação ..	120

Lista de Figuras

Figura 1 - Articulação entre o ensino, a aprendizagem e a avaliação (adaptado de Cumming & Maxwell, 1999).....	29
Figura 2 – “Caixa de Questões” numa aula teórica.	41
Figura 3 - "Questões em Química" no Blackboard.	41

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Introdução

A qualidade do ensino e da aprendizagem tem sido uma das preocupações fundamentais do ensino universitário em Portugal. A aquisição de competências pelos estudantes e o desenvolvimento de capacidades de alto nível cognitivo constituem um dos principais objectivos de uma educação de nível superior, fundamentalmente na educação em ciência (Tsaparlis & Zoller, 2003).

Shodell (1995) defende que o papel central da educação em ciência deverá ser o desenvolvimento nos alunos da capacidade de formular questões. Um ensino orientado para o desenvolvimento dessa competência favorece uma aprendizagem mais activa, permitindo reforçar capacidades de alto nível cognitivo. A importância da formulação de questões pelos alunos é reconhecida por inúmeros investigadores e fundamentada por vários estudos em que se procurou estimular essa capacidade (Marbach-Ad & Sokolove, 2000; Maskill & Pedrosa de Jesus, 1997a; Nappel, 1978; Pedrosa de Jesus, 1991; Zoller, 1987).

As questões dos alunos permitem revelar os seus pensamentos e esquemas mentais (Dillon, 1982; Maskill & Pedrosa de Jesus, 1997b), podendo constituir para o professor um excelente instrumento revelador das aprendizagens efectuadas. Por permitirem, também, detectar dificuldades de aprendizagem, poderão ser utilizadas pelo professor na adequação das práticas de ensino (Maskill & Pedrosa de Jesus, 1997a). O questionamento promove, ainda, um envolvimento mais activo dos alunos, estimulando a comunicação e as interacções na sala de aula, assim como o seu interesse e motivação.

O papel activo na aprendizagem, através da formulação de questões, permitirá aos alunos o desenvolvimento de capacidades de pensamento crítico e de auto-regulação, numa promoção da sua autonomia e capacidade de decisão (Ikuenobe, 2001; King, 1994). Estas capacidades devem ser valorizadas numa formação verdadeiramente universitária, útil para vida activa. Por exemplo, Zoller (1987) defende o questionamento como um componente fundamental na sociedade actual, por constituir um elemento central na resolução de problemas e nos processos de tomada de decisão.

O presente estudo surge num contexto de ensino e aprendizagem em Química, no ensino universitário, em que o desenvolvimento de competências de elevado nível cognitivo nos alunos tem sido considerado um elemento central. O projecto em que surge

integrado decorre desde o ano lectivo de 2000-2001 nas disciplinas de Química I e Química II, do primeiro e segundo semestres, respectivamente, coordenadas e leccionadas pelo Prof. Doutor José J. C. Teixeira Dias. Estas são disciplinas comuns ao primeiro ano de várias licenciaturas em Ciências e Engenharias, da Universidade de Aveiro.

O principal objectivo desse projecto é desenvolver e explorar estratégias de ensino e de aprendizagem centradas no aluno, procurando estimular uma aprendizagem activa e promotora da qualidade das interações na sala de aula, através do estímulo às questões dos alunos (Pedrosa de Jesus *et al.*, 2003b). O questionamento tem assumido especial relevância como capacidade de alto nível cognitivo e parte integrante dos processos inerentes à resolução de problemas. Diversas estratégias de ensino e de aprendizagem têm sido concebidas, aperfeiçoadas e implementadas ao longo destes anos (Teixeira-Dias *et al.*, 2005), no sentido de desenvolver essa competência nos alunos e de promover uma aprendizagem mais significativa em Química.

Neste contexto, de promoção da capacidade de questionamento dos alunos no ensino e na aprendizagem em Química, revelou-se fundamental a tentativa da sua integração no processo de avaliação. Um sistema de ensino só é considerado eficaz quando articula as estratégias de ensino e de aprendizagem com as metodologias de avaliação (Cumming & Maxwell, 1999). É essa integração que suporta verdadeiramente a aprendizagem, encorajando os alunos na adopção de uma abordagem que privilegia o desenvolvimento de competências de nível cognitivo superior.

A avaliação é normalmente considerada na literatura como cerne da experiência do estudante e, provavelmente, como a única grande influência na forma como aborda a aprendizagem (Brown & Knight, 1994). Sabe-se que os alunos desenvolvem o seu método de estudo e concretizam as aprendizagens em função dos objectivos da avaliação. Portanto, para que as estratégias de ensino sejam eficazes deverão estar relacionadas com a avaliação, em articulação com os objectivos da aprendizagem. De acordo com Biggs (1999), esse alinhamento ('alignment') é considerado fundamental para que ocorram aprendizagens mais significativas e para um maior envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem.

Na perspectiva dos alunos, a avaliação traduz efeitos positivos na aprendizagem e promove o seu maior envolvimento quando apresenta as seguintes características: 1) está relacionada com tarefas autênticas; 2) encoraja a aplicação do conhecimento em

contextos realistas; 3) promove o desenvolvimento de várias competências; e 4) apresenta benefícios a longo prazo e para além do contexto académico (Struyven et al., 2005). As avaliações designadas ‘alternativas’ são caracterizadas por estas qualidades e os estudantes salientam a sua contribuição para uma aprendizagem significativa, contrariamente aos métodos tradicionais que enfatizam a memorização e a reprodução das matérias estudadas.

Cumming e Maxwell (1999) salientam, também, a importância da ocorrência da aprendizagem e da avaliação em contextos autênticos e significativos para os alunos. Uma aprendizagem autêntica é caracterizada numa perspectiva construtiva, centrada no aluno e na forma como constrói o seu conhecimento através do desenvolvimento de capacidades de nível cognitivo superior (Cumming & Maxwell, 1999).

Segundo Bell e Cowie (2001), a avaliação formativa permite avaliar diferentes aspectos da aprendizagem, como a capacidade de questionamento, de raciocínio e de resolução de problemas em contextos mais autênticos e integrados no currículo.

Alguns autores (Black & Wiliam, 1998a; Maclellan, 2004) salientam que as avaliações alternativas e articuladas com os processos de ensino e de aprendizagem actuam como um importante elemento de avaliação formativa, preenchendo as suas finalidades. Ao proporcionar informação complementar aos outros instrumentos de avaliação, a avaliação formativa permite analisar a interacção entre o estudante e o currículo, nas perspectivas do aluno e professor (Heywood, 2000).

Numerosos estudos têm demonstrado que a introdução de práticas de avaliação formativa na sala de aula produz efeitos positivos e melhorias significativas na aprendizagem (Black & Wiliam, 1998a; Wiliam *et al.*, 2004). Muitos dos estudos analisados por Black e Wiliam (1998a) envolveram novas formas de promover a interacção entre professores e alunos, e salientaram o envolvimento activo dos alunos como importante contributo para aprendizagens mais significativas. Essa interacção (‘feedback’) é componente essencial da avaliação formativa (Bell & Cowie, 1999), pois permite o conhecimento dos resultados, necessário para avaliar o progresso, corrigir erros e melhorar o desempenho dos alunos.

A componente formativa da avaliação, com base na preparação para a formulação de questões, é considerada um requisito fundamental para que ocorra o desenvolvimento de um questionamento de nível cognitivo elevado (Ciardiello, 1998). Os alunos necessitam de uma instrução dirigida no sentido de formularem questões de nível cognitivo superior,

uma vez que a grande maioria não possui as capacidades necessárias para as realizar (Ciardiello, 1998; King, 1994).

A utilização do questionamento dos alunos como método de avaliação foi descrito com sucesso por um número restrito de autores (Dori, 2003; Dori & Herscovitz, 1999; Zoller, 2001). Dori e Herscovitz (1999, p. 428) propõem, por exemplo, “a incorporação da análise da capacidade de questionamento dos alunos como um método alternativo de avaliação”. Dessa forma, sugerem a avaliação das questões dos alunos perante a resolução de problemas autênticos, não rotineiros e sem soluções óbvias como complemento aos exercícios de avaliação convencionais (Dori, 2003). Também, Biddulph *et al.* (1983) haviam sugerido a integração das questões dos alunos na avaliação, como uma possível estratégia de incentivo ao questionamento.

O estudo aqui apresentado foi motivado pela necessidade da articulação entre o ensino, a aprendizagem e a avaliação, tendo por base a promoção da capacidade de questionamento nos alunos. No sentido de concretizar essa finalidade foi implementada pela primeira vez, e de uma forma sistemática no ano lectivo de 2004-2005, uma nova metodologia de avaliação nas disciplinas de Química I e Química II. Para isso, as questões formuladas pelos alunos foram integradas como um instrumento alternativo de avaliação, em contextos formativo e sumativo. Os instrumentos concebidos especificamente para avaliar a capacidade de questionamento dos alunos deveriam estimular a formulação de questões relevantes que permitissem a resolução de problemas autênticos e intrigantes em Química. A formulação de questões nesse contexto proporcionaria também o desenvolvimento de outras capacidades de nível superior, como a distinção entre informação relevante e acessória e a activação e aplicação do conhecimento prévio em Química relacionado com o problema. A avaliação formativa, incluindo as orientações do professor, potenciaria nos alunos a capacidade para formular questões relevantes e de qualidade.

Assim, as questões de investigação fundamentais e que constituíram o ponto de partida para a concretização deste estudo foram as seguintes:

- *Será possível concretizar a articulação entre estratégias de ensino, de aprendizagem e métodos de avaliação, com base nas questões formuladas pelos alunos?*

- *Como integrar a avaliação da competência de questionamento dos alunos na avaliação global em Química?*

No sentido de responder às questões de investigação estabeleceram-se os seguintes objectivos:

- Concretizar a articulação entre o ensino, a aprendizagem e a avaliação, com base no desenvolvimento da competência de questionamento dos alunos;
- Conceber e implementar metodologias de avaliação formativa e sumativa, articuladas com as estratégias de ensino e aprendizagem;
- Desenvolver e aplicar instrumentos específicos que permitam avaliar a competência de questionamento dos alunos - métodos alternativos de avaliação;
- Avaliar a evolução do desenvolvimento da competência de questionamento dos alunos no decurso do ano lectivo;
- Analisar as implicações das estratégias de avaliação e de incentivo ao questionamento, na aprendizagem em Química.

O enquadramento teórico do presente estudo concretiza-se no Capítulo II com uma revisão crítica da literatura. Esse capítulo está estruturado em três partes principais: a primeira referente às questões dos alunos e à sua relevância no contexto do ensino e da aprendizagem; a segunda parte incide sobre a avaliação, salientando a importância da sua articulação com o ensino e a aprendizagem, assim como diferentes contextos e tipos de avaliação; a terceira parte apresenta uma sistematização dos poucos estudos empíricos já realizados e que sustentam e propõem a integração do questionamento dos alunos na avaliação.

No terceiro capítulo, o capítulo da metodologia, descrevem-se detalhadamente os processos e métodos adoptados para concretizar os objectivos definidos. Faz-se a descrição dos instrumentos de avaliação especificamente concebidos para avaliar as questões formuladas pelos alunos e da metodologia adoptada para a análise qualitativa dessas questões.

A apresentação e discussão dos resultados surge no quarto capítulo, estruturado em partes distintas, mas complementares. Inicialmente apresentam-se e discutem-se os resultados da análise e classificação das questões por cada situação de avaliação. Esses resultados são depois considerados numa discussão geral, englobando todas as avaliações realizadas. Finalmente, os resultados são expressos considerando a totalidade das perguntas formuladas por cada aluno na avaliação, procurando avaliar o seu desempenho e o desenvolvimento das suas competências de questionamento ao longo do ano lectivo, assim como possíveis relações com a aprendizagem. São também apresentados resultados das entrevistas com os alunos e professor.

No último capítulo apresentam-se as conclusões gerais do estudo e referem-se algumas das suas limitações. Fazem-se também recomendações para futuros estudos neste domínio de investigação.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

1. AS QUESTÕES DOS ALUNOS NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM

A promoção de competências que permitam a formação de indivíduos conscientes, autónomos, com capacidade de adaptação, de resolução de problemas, de comunicação e de cooperação com os outros é actualmente considerada fundamental (Dierick & Dochy, 2001), em particular no Ensino Superior. Os mesmos autores salientam que uma dessas competências essenciais é a formulação de questões pelos alunos. Zoller (1987; 2000; 2001) defende também que o desenvolvimento de competências de alto nível cognitivo pelos alunos deve ser um objectivo fundamental da educação em Ciência. Como tal, o questionamento deverá ser estimulado e valorizado na aprendizagem em Química. Reforça ainda a sua importância por fomentar capacidades como a resolução de problemas e a tomada de decisão, assim como uma aprendizagem mais activa.

De acordo com Ciardiello (1998) todos os alunos têm o potencial de aprender a pensar, a reflectir e a questionar de uma forma competente. Segundo o autor, o adágio “aprender a questionar é aprender a tornar-se literato” deveria reflectir, na emergência do século XXI, uma abordagem fundamental da prática educativa (p. 218).

A literacia científica para todos tornou-se um objectivo central na educação em ciência. Dessa forma, o desenvolvimento da capacidade dos alunos em formular questões deve ser encarada, também, como um componente importante da literacia científica (Hofstein *et al.*, 2005).

Ao colocar os alunos numa situação de controlo das suas aprendizagens, através da formulação das suas próprias questões sobre o material de estudo, podemos contribuir para uma maior motivação e sentido de autonomia, com repercussões positivas na sua aprendizagem (King, 1994). As questões dos alunos só assumem relevância quando a aprendizagem é encarada como um processo de procura de conhecimento, em que estes têm necessariamente um papel activo (Beck, 1998; Berlyne & Frommer, 1966).

Maskill e Pedrosa de Jesus (1997b) também consideram que as questões dos alunos suportam, regulam e orientam a sua aprendizagem. Por exemplo, Shodell (1995, p. 280) reforça essa importância ao afirmar que “o conhecimento da resposta a uma pergunta pode ou não indicar a compreensão do que está a ser questionado. No entanto, estar apto a formular uma boa questão é sempre indicador dessa compreensão”.

A capacidade de questionamento assume, então, uma dimensão cognitiva, por promover a compreensão, e metacognitiva, por permitir monitorizar essa compreensão (Ciardiello, 1998; Rosenshine *et al.*, 1996).

As questões dos alunos constituem um estímulo às suas capacidades de raciocínio e um contributo para o seu desenvolvimento intelectual, sendo muitas vezes um reflexo dos seus pensamentos e representações mentais (Dillon, 1982, 1986). Constituem, portanto, um excelente instrumento revelador das aprendizagens efectuadas. As perguntas colocadas pelos alunos permitem obter informações sobre os seus conhecimentos prévios, sobre o tipo de informação que solicitam e sobre as suas incertezas e dificuldades, sendo também um privilegiado indicador da ocorrência de reflexão (Pedrosa de Jesus *et al.*, 2003b). Dessa forma, permitem ao professor adequar as práticas de ensino no sentido de corrigir erros e colmatar falhas na aprendizagem (Dillon, 1986; Hofstein *et al.*, 2005; Maskill & Pedrosa de Jesus, 1997a).

1.1. O questionamento como estratégia de nível cognitivo superior

A importância em valorizar questões de nível cognitivo superior está relacionada com o propósito de se alcançar um nível mais elaborado de processamento da informação e de aquisição de conhecimento, na promoção da aprendizagem (Pizzini & Shepardson, 1991).

As questões de nível superior requerem que os conteúdos sejam verdadeiramente integrados em vez de memorizados. Implicam o estabelecimento de relações, o confronto de ideias, a identificação de problemas e a sua resolução.

Graesser e Person (1994, p. 105) assumem, por exemplo, “a formulação de questões como um componente fundamental dos processos cognitivos que operam a um nível conceptual elevado, como a compreensão de textos, a aprendizagem de materiais complexos ou a resolução de problemas”. Cuccio-Schirripa e Steiner (2000, p. 210) reforçam também o “questionamento como uma das capacidades mentais que está estruturalmente integrada nas operações de pensamento crítico e criativo e na resolução de problemas”. De acordo com Osman e Hannafin (1994, p. 5) “as questões de nível superior ajudam na activação do conhecimento prévio e induzem processos que promovem, não só a selecção de informação (distinção entre essencial/relevante e acessório), mas também a integração e a aplicação do conhecimento”.

É evidente que a qualidade das questões é influenciada pela disponibilidade de conhecimentos prévios de quem questiona. Indivíduos com uma significativa formação de base conseguem, com maior facilidade, activar os conhecimentos que possuem e modificar os seus esquemas mentais na exploração de uma nova situação. Por outro

lado, conhecimentos limitados ou deficientes constituem um obstáculo ao levantamento de questões pertinentes e relevantes sobre determinado assunto. Graesser e Person (1994) suportam esta ideia salientando a existência de uma relação entre o conhecimento que alguém possui sobre um determinado assunto e a habilidade para se questionar sobre o mesmo.

Van der Meij (1994) considerava que quando uma pessoa detém poucos conhecimentos à partida não possuiria as bases necessárias para formular questões. Por outro lado, seria de esperar que quando se possui muitos conhecimentos prévios muitas questões não se colocam, uma vez que as suas respostas são já conhecidas. No entanto, esta ideia não foi totalmente confirmada pela investigação. No estudo de revisão que realizou sobre o questionamento espontâneo dos alunos, Van der Meij (1994) verificou a existência de um corpo de investigação significativo confirmando a existência de uma relação negativa entre o número de questões formuladas pelos alunos e o conhecimento prévio que possuíam. Isso significa que “alunos com menos conhecimentos prévios tendencialmente faziam mais perguntas” (p. 141). No entanto, estas perguntas serão de um nível cognitivo inferior. Miyake e Norman (1979) salientaram que é importante considerar a natureza dos materiais questionados quando se analisa a influência do conhecimento prévio na formulação de perguntas. No seu estudo, verificaram que o nível das questões formuladas estava relacionado com a complexidade dos materiais utilizados para suscitar questões. Assim, alunos com menos conhecimentos fizeram mais perguntas sobre os materiais menos complexos, de maior facilidade, enquanto que alunos com mais conhecimentos fizeram menos perguntas sobre esses materiais. Em contrapartida, materiais de maior complexidade/dificuldade, suscitaram mais perguntas nos alunos com mais conhecimentos (Miyake & Norman, 1979).

Flammer (1981) formulou dois postulados relacionados sobre a influência do conhecimento prévio na elaboração de perguntas que podem parecer paradoxais. Afirmou que, se por um lado a formulação de “questões envolve informação (=conhecimento potencial) que o questionador não possui”, por outro lado, “pressupõe algum conhecimento disponível”, ou seja, para se fazer uma pergunta sobre algo que não se saiba/conheça é necessário possuir-se algum conhecimento (Flammer, 1981, p. 409). O mesmo autor reforça que questões mais específicas e, portanto, sobre materiais mais complexos, requerem uma maior “quantidade” de conhecimentos prévios disponíveis.

Segundo Osman & Hannafin (1994), mesmo os conhecimentos conceptuais relevantes adquiridos noutros contextos, auxiliam na compreensão de novos conteúdos em domínios ou temas pouco familiares. Desde que se reconheça a sua potencial relevância, estes proporcionarão uma base interpretativa para a compreensão de novas ideias e para a monitorização dessa compreensão.

Assim, considera-se a activação do conhecimento prévio como um mecanismo central na elaboração de questões de qualidade (King, 1992).

Em seguida, referiremos alguns estudos com enfoques no desenvolvimento de competências de nível cognitivo superior, nomeadamente, o pensamento crítico, a resolução de problemas e a compreensão de textos, pela sua pertinência para este estudo.

O pensamento crítico

O questionamento constitui uma ferramenta valiosa no ensino e na aprendizagem de capacidades de pensamento crítico. É reconhecido como uma função fundamental no desenvolvimento dessa capacidade, por auxiliar na exploração de novas ideias e materiais, e na avaliação da sua adequação e razoabilidade, numa perspectiva positiva e construtiva (Ikuenobe, 2001). A formulação de questões revela, portanto, uma atitude de receptividade e abertura a novas evidências, permitindo o desenvolvimento de capacidades de análise e avaliação críticas perante novos materiais, na construção do conhecimento.

Por exemplo, num estudo com alunos de Medicina (Loy *et al.*, 2004), procurou ensinar-se a alunos do terceiro ano da faculdade de Medicina estratégias de questionamento crítico. Com esse objectivo, foram desenvolvidos *workshops* para ensinar a formular questões de uma forma crítica e sistemática na prática de obstetrícia e ginecologia. A avaliação desta intervenção e dos seus efeitos no desenvolvimento de capacidades de pensamento crítico nos alunos foi realizada através de um teste final. Os resultados revelaram que os estudantes que frequentaram os *workshops* obtiveram melhores classificações finais no teste que media as suas capacidades de pensamento crítico (Loy *et al.*, 2004).

Segundo Ikuenobe (2001), o desenvolvimento nos alunos de capacidades de questionamento crítico implica que os professores: (1) “motivem o questionamento,

explicando aos alunos a sua lógica, funções e bases como um processo epistémico”; (2) “desenvolvam uma estratégia construtiva e não ameaçadora, ensinando os alunos a formular questões e evitando que se sintam intimidados”; e (3) “criem um ambiente na sala de aula convidativo, que permita aos alunos expressarem-se, dando-lhes oportunidades para participarem activamente na sua aprendizagem” (p. 340).

Fica claro que o papel do aluno é fundamental neste processo, sendo necessário que compreenda a importância da formulação de questões e as suas relações com o desenvolvimento de outras capacidades de nível superior e com a aprendizagem. Se professores e alunos se envolverem activamente, as questões dos alunos desempenharão um papel fundamental na promoção da compreensão e no progresso da aprendizagem, em particular no desenvolvimento do pensamento crítico.

A resolução de problemas

A formulação de questões pelos alunos nos processos de resolução de problemas constitui uma linha de investigação do questionamento estratégico, já explorada em diferentes estudos (Blank & Covington, 1965; Cuccio-Schirripa & Steiner, 2000; Dori & Herscovitz, 1999; Olsher *et al.*, 1999).

Segundo Blank e Covington (1965, p. 21), “o componente central da resolução de problemas é a formulação de questões”, referindo que, para muitos indivíduos, o insucesso na formulação de questões constitui uma dificuldade básica associada à resolução de problemas.

Segundo Hofstein *et al.* (2005), a aprendizagem e a construção do conhecimento devem ocorrer contextualizadas e através da resolução de problemas genuínos. A concretização da aprendizagem através da resolução de problemas envolve, ainda, uma atitude crítica e a formulação de questões relevantes, perante a exposição do problema (Abrandt Dahlgren & Öberg, 2001).

Num estudo envolvendo alunos do ensino superior, num curso de Ambiente, Abrandt Dahlgren e Öberg (2001) utilizaram situações (‘cenários’, definidos como problemas delimitados e únicos) relacionadas com a vida real, perante as quais os alunos deveriam formular questões. Após a apresentação de cada situação os alunos envolviam-se numa actividade de *brainstorming*, colocando questões relacionadas com o tema. Através deste processo pretendia-se que os alunos “aprendessem a identificar o seu conhecimento (...)

as suas necessidades de aprendizagem e a forma de melhor adquirir conhecimento relevante” (Abrandt Dahlgren & Öberg, 2001, p. 264).

Segundo Dori e Herscovitz (1999), encorajar os alunos na procura de soluções para os problemas que se colocam através da formulação de questões, assim como fornecer instruções no sentido de utilizarem a informação relevante para essa resolução, constituem as bases da educação contemporânea em ciência.

Por exemplo, Hofstein *et al.* (2005) concluíram que proporcionando aos alunos oportunidades para se envolverem em experiências de investigação em laboratório, nesse caso em Química, produzia melhorias na sua capacidade para formularem questões de nível cognitivo superior, entre elas questões de investigação e formulação de hipóteses. Também Hakkarainen (2003) revela que os alunos são capazes de produzir explicações de qualidade sobre processos biológicos, através da formulação das suas próprias questões de investigação.

Normalmente os alunos têm dificuldade em formular questões de investigação e em definir problemas para concretizar actividades experimentais. No entanto, se forem fornecidos exemplos de como elaborar questões nesse contexto, a qualidade das suas questões aumenta (Chin & Kayalvizhi, 2002). Estes autores salientam, ainda, o papel determinante do professor em ajudar os alunos na identificação de problemas de investigação e na formulação de questões que permitam a sua resolução.

O estudo realizado por Hofstein *et al.* (2005) reforça que a utilização das questões dos alunos nas actividades experimentais lhes permitiu não só o desenvolvimento da competência de questionamento, mas também de outras competências científicas aplicáveis noutros contextos de aprendizagem.

Olsher *et al.* (1999) mostraram que o desenvolvimento da capacidade dos alunos em formularem questões relevantes sobre processos bioquímicos, e portanto sobre problemas abstractos, resultou numa aprendizagem mais significativa. Para isso, foram criadas oportunidades para que os alunos se questionassem e se envolvessem em discussões. Os alunos que formularam questões relevantes sobre os processos abstractos obtiveram, também, melhores resultados no teste de avaliação de conhecimentos sobre o tema.

A compreensão de textos

Muitas das estratégias utilizadas para ensinar os alunos a formular questões, descritas na literatura, ocorrem no contexto da promoção de uma melhor leitura e compreensão de textos (Costa *et al.*, 2000; Davey & McBride, 1986b; Macías, 2003; Otero *et al.*, 2004). Segundo Rosenshine *et al.* (1996), a formulação de questões ajuda os alunos a desenvolver procedimentos mentais para a compreensão de textos.

Numa investigação realizada por Alcock (1972), as questões dos alunos foram também utilizadas na discussão de poesia. Após a leitura de um poema, os alunos deveriam escrever todas as perguntas para as quais não soubessem a resposta. Alcock concluiu que a forma como os alunos se apropriaram do poema influenciou o tipo de questões que levantaram. Quando o poema era facilmente assimilado pelos alunos, ou sobre um tema para si familiar ou de interesse, as questões eram diversificadas na sua forma e função. Se, por outro lado, a assimilação do poema fosse bloqueada, as questões dos alunos centravam-se na sua interpretação.

Também Ciardiello (1998) confirmou que a formulação de questões relevantes decorrentes da leitura de um texto pressupõe que os alunos se apropriem do texto, identifiquem as ideias principais e as relacionem. As questões são simultaneamente indicadoras da compreensão do que foi lido e orientadoras do que falta ler (Graesser & Person, 1994).

Num estudo realizado por Janssen (2002), os resultados indicaram que os alunos podem ser orientados na formulação de questões durante a leitura de um texto, originando melhorias significativas na sua compreensão. Também Davey e McBride (1986a) e Costa *et al.* (2000) exploraram os efeitos do treino na formulação de questões, indicando efeitos positivos na compreensão de textos e na qualidade das questões formuladas.

No estudo de revisão realizado por Rosenshine *et al.* (1996) foram analisados estudos de intervenção em que se ensinou os alunos a formular questões como uma forma de melhorar a compreensão através da leitura ou da audição de novos materiais. Os resultados desses estudos permitiram concluir que “ensinando os alunos a formular questões sobre o material lido resulta em melhorias na sua compreensão” (p. 195), e que “a elaboração de questões é um meio de proporcionar um processamento activo (do texto), uma maior concentração e uma melhor compreensão ” (p. 197).

1.2. As questões dos alunos na sala de aula

Apesar das vantagens evidentes da formulação de questões pelos alunos no processo de aprendizagem, já descritas em alguns contextos particulares, está bem documentado que são pouco frequentes na sala de aula (Dillon, 1988; Pedrosa de Jesus, 1991; Susskind, 1969, 1979).

De acordo com alguns estudos, os alunos formulam apenas 2 a 4 perguntas por hora, no contexto da aula (Buseri, 1987; Dillon, 1988; Good *et al.*, 1987; Susskind, 1969). Se considerarmos que, em média, as turmas têm 26 alunos, a frequência das perguntas formuladas por um determinado aluno é de 0.11 por hora (Graesser & Person, 1994). Alguns autores revelaram que os alunos colocam, em média, apenas 1 pergunta por mês (Dillon, 1988; Fahey, 1942a; Susskind, 1969, 1979). Esta baixa frequência foi também confirmada por Pedrosa de Jesus (1991) com alunos dos 8º e 9º anos de escolaridade, no contexto de aulas de Física e Química, onde se verificou, em média, 1 pergunta por semana.

Os diferentes estudos realizados, em vários níveis de ensino e em diferentes países, parecem indicar que a baixa frequência das perguntas dos alunos em sala de aula é um fenómeno universal.

Alguns autores (Dillon, 1988; Fahey, 1942b) concluíram, ainda, que o número de perguntas tende a decrescer com o aumento da idade. Também Alcock (1972) referiu que os alunos formulam poucas questões por iniciativa própria e isso torna-se mais evidente com o aumento da idade ou com a progressão escolar.

Apesar disso, com o aumento da idade a sensibilidade para detectar falhas na informação aumenta, e as questões formuladas são mais precisas no que concerne à informação que gera incertezas (Berlyne & Frommer, 1966). Nesse contexto, a idade é considerada um factor determinante da qualidade e do conteúdo das questões formuladas.

Alguns estudos apontam para a existência de factores que podem condicionar ou inibir as questões dos alunos na sala de aula. De entre vários aspectos Dillon (1981) salientou a inibição do aluno e o medo de falhar. Van der Meij (1994) referiu ainda a motivação, o sucesso na aprendizagem e a auto-estima. As características pessoais dos alunos afectam, portanto, de uma forma significativa o seu questionamento. Alunos de nível académico inferior envolvem-se menos nas actividades escolares e, portanto, normalmente não formulam questões. As reacções negativas que, com frequência,

recebem do professor também não favorecem a sua participação. Outros factores de contexto – externos – também condicionam a formulação de questões pelos alunos. Por exemplo, perante muita gente, no contexto da aula, a inibição e o receio de falhar são superiores do que num grupo mais restrito de pessoas. Os alunos evitam, muitas vezes, colocar questões pois têm receio que isso demonstre a sua ignorância (Graesser & Person, 1994).

Essas condições desfavoráveis bloqueiam muitas vezes a expressão da questão, não significando, no entanto, que não tenha sido formulada (van der Meij, 1994). Pedrosa de Jesus (1991) salientou que os alunos expressam as suas questões quando criadas condições favoráveis para que tal aconteça, sendo capazes de exteriorizar as suas dificuldades, preocupações, dúvidas e sentimentos.

Graesser e Person (1994) referem outros factores que podem condicionar as questões dos alunos, influenciando na sua formulação. Muitas vezes, a ausência de questões está associada a um défice de conhecimento prévio, ou também a dificuldades na identificação de informação contraditória ou de conceitos importantes omitidos, ou ainda na discriminação entre informação essencial e acessória.

Van der Meij (1988) refere, em muitos casos, a dificuldade em identificar e confirmar se os alunos não colocam questões porque não as formulam ou porque não as expressam devido a factores inibitórios. A expressão da questão é uma das etapas do questionamento que maiores entraves coloca, sendo apontada como uma das mais difíceis de concretizar pelo aluno (van der Meij, 1994). A habilidade ou capacidade verbal da pessoa afecta significativamente essa fase, pois formular a questão implica “encontrar as unidades lógicas e conceptuais da questão e relacioná-las” (van der Meij, 1994, p. 145). Por outras palavras, a pessoa tem de encontrar as palavras certas e estruturá-las da melhor forma na elaboração da questão e do sentido que lhe atribui.

1.3. Estratégias de incentivo às questões dos alunos

Considerando a importância do questionamento dos alunos na sua aprendizagem e a baixa frequência com que espontaneamente fazem perguntas no contexto das aulas, o seu incentivo e instrução/formação para o desenvolvimento dessa competência assumem especial relevância.

As reacções positivas do professor podem reforçar um questionamento de qualidade, e vice-versa, contribuindo para um ambiente favorável às questões dos alunos. Os

professores deverão assumir um papel central no estímulo às questões dos alunos, incentivando, ensinando e fornecendo exemplos de como questionar (Chin *et al.*, 2002). Isto significa que deverão utilizar estratégias de encorajamento da formulação de questões. Do mesmo modo, Alcock (1972) defende que o papel do professor é crítico, devendo encorajar, orientar e estimular quando as perguntas dos alunos não surgem.

Pedrosa de Jesus (1997) aconselha os professores a adotarem estratégias de valorização das perguntas dos alunos na sala de aula, no sentido de contribuir para o desenvolvimento de processos de ensino centrados no aluno, ou seja, de estratégias construtivistas de ensino. A mesma autora salienta que “é importante encorajar os alunos e dar-lhes tempo suficiente para organizarem as suas ideias e para reflectirem sobre o que foi ensinado” (Pedrosa de Jesus, 1991, p. 151). Dessa forma, serão capazes de identificar e exteriorizar as suas dificuldades. Concluiu, ainda, que “fazer com que os alunos sintam que as suas questões podem ser importantes na sua aprendizagem melhora o seu envolvimento na aula” (p. 151). Nesse estudo, os professores adoptaram também a estratégia de criar momentos de silêncio na aula incentivando e motivando os alunos a escrever as suas perguntas. Os alunos envolvidos revelaram uma maior motivação, passando também a colocar mais questões oralmente.

Está bem documentado que a instrução promove o questionamento nos alunos (Glover & Zimmer, 1982; Sadker & Cooper, 1974), o que foi constatado em alguns estudos onde se verificou um nível superior das questões formuladas por alunos que receberam instrução, em relação a alunos que não a receberam (Allison & Shrigley, 1986; Cuccio-Schirripa & Steiner, 2000; Dillon, 1988).

Mesmo os alunos de nível académico inferior podem beneficiar da instrução tal como os seus colegas academicamente melhor sucedidos. Muitas vezes, esses alunos são instruídos na perspectiva de um questionamento mais limitado, focado em capacidades básicas, de baixo nível cognitivo. A preparação na formulação de questões oferece uma perspectiva contrária. Reflecte a visão construtivista de uma aprendizagem contextualizada e reconstruída através do intercâmbio de pontos de vista e experiências entre professor e alunos, e entre alunos. Treinar os alunos na formulação de questões é uma importante estratégia para os ajudar a pensar e a comunicar (Ciardiello, 1998).

Biddulph *et al.* (1986) sugeriram quatro estratégias de incentivo às questões dos alunos. Estas incluem fornecer estímulos adequados e modelos de como formular questões, desenvolver um ambiente em sala de aula receptivo e propício às questões dos alunos e incluir as suas questões na avaliação.

Hofstein *et al.* (2005) reforçam as mesmas ideias, afirmando que os professores deverão criar um ambiente favorável onde deverá ser dada aos alunos a oportunidade de formular questões relevantes e pertinentes. Já em 1975, Olmo defendia uma mudança do papel de questionador do professor para os alunos. As aulas deveriam promover um maior envolvimento dos alunos nas actividades e a sua reflexão, no sentido da resolução de problemas. Quando esse envolvimento é efectivo, a aprendizagem dos alunos também verifica melhorias.

Pizzini e Shepardson (1991) também salientaram a importância do envolvimento do professor na adopção de estratégias que promovam o questionamento dos alunos, não só em termos do número de questões, mas fundamentalmente da sua qualidade.

A investigação demonstra que os alunos não formulam espontaneamente questões de alto nível cognitivo (Dillon, 1988; King, 1992; Pedrosa de Jesus, 1991; Susskind, 1969, 1979). Uma possível forma de promover um questionamento de qualidade é fornecer aos alunos questões orientadoras de alto nível cognitivo. O objectivo é promover a sua reflexão sobre materiais relevantes, de forma a que se envolvam em elaborações mentais que relacionem os novos materiais com conhecimentos prévios. Dessa forma, a utilização de questões orientadoras contribui para a activação e uso do conhecimento prévio relevante em novas situações de aprendizagem (King, 1992).

O desenvolvimento da capacidade de formular questões de alto nível cognitivo poderá ocorrer através de modelos de instrução específicos e adequados. Esta ideia é confirmada por Shodell (1995) que assume que a criação de oportunidades para os alunos formularem perguntas críticas e relevantes poderá permitir contrariar a generalização de que os alunos formulam principalmente questões factuais.

Pedrosa de Jesus (1991) explorou de que forma as questões escritas dos alunos, e as informações que transmitem, poderiam promover o ensino e a aprendizagem. A estratégia de incentivo às questões escritas resultou, em média, numa pergunta por aluno e por aula, o que revela um padrão bastante diferente em relação às perguntas orais (uma por semana). O processo de escrita de questões ajudou os alunos a identificar o que já tinham aprendido. Esse processo exigiu que pensassem e organizassem ideias no sentido de poderem questionar o que queriam saber. Ficou claro um maior envolvimento da maioria dos alunos na aprendizagem, através da qualidade das perguntas escritas, superior à das perguntas orais. Concluiu-se, assim, que a estratégia de escrita de perguntas pelos alunos foi mais efectiva do que o questionamento oral e espontâneo. O ensino passou a ser orientado no sentido de responder às reais necessidades e

dificuldades dos alunos, tornando-se mais centrado no aluno, promovendo o seu envolvimento e entusiasmo. As perguntas dos alunos passaram a ser encaradas, pelos professores envolvidos, como uma estratégia efectiva para o ensino e para a aprendizagem.

Sadker e Cooper (1974), por exemplo, reconheceram a importância das questões de nível cognitivo superior, tendo conduzido um estudo experimental no sentido de promover esse tipo de questões em alunos do ensino básico. O procedimento consistiu em treinar os alunos na formulação de questões de nível cognitivo superior através de um método de ‘microteaching’ (aulas com um reduzido número de alunos – grupo de apenas 3 a 5 alunos – e de duração mais curta, onde é possível ao professor focar-se no desenvolvimento de uma determinada estratégia de ensino). Nesse contexto específico houve um elevado número de perguntas de nível cognitivo superior formuladas pelos alunos.

Um estudo realizado por Beck (1998), centrou-se no caso de uma professora que utilizava extensivamente as questões dos alunos como uma estratégia de ensino e de aprendizagem. A professora via os seus alunos como sujeitos que aprendiam e que procuravam o conhecimento de uma forma genuína e autêntica através das questões que formulavam. As questões dos alunos eram consideradas como um meio potencial de afectar a sua aprendizagem e motivação. Neste estudo ficou evidente a importância da forma como os professores vêem os seus alunos e de como a sua concepção de aprendizagem influencia a utilização das questões dos alunos na sala de aula.

No Ensino Universitário em Portugal, no contexto de disciplinas de Química dirigidas a alunos do primeiro ano, existem já vários estudos realizados no âmbito de um projecto desenvolvido na Universidade de Aveiro, que tem como principal objectivo promover uma aprendizagem activa e a qualidade das interacções na sala de aula, através do incentivo às questões dos alunos (Pedrosa de Jesus *et al.*, 2003a; Pedrosa de Jesus *et al.*, 2003b; Pedrosa de Jesus *et al.*, 2005b). Várias estratégias de ensino e de aprendizagem têm sido adoptadas desde o ano lectivo de 2000-2001, no sentido de alcançar esses objectivos. O desenvolvimento e evolução dessas estratégias tem ocorrido de uma forma progressiva, tendo permanentemente em consideração as questões dos alunos e as suas reacções, assim como as interacções entre alunos e professor. Essas estratégias assumem fundamentalmente cinco formas, que descreveremos sucintamente (Teixeira-Dias *et al.*, 2005):

- Aulas <QQ> (“Questões em Química”): baseadas e orientadas pelas questões previamente formuladas pelos alunos sobre um determinado tema/tópico específico de Química;
- Aulas-conferência: sobre temas de elevado interesse científico, tecnológico e social, com o objectivo de estimular e promover o interesse e a curiosidade dos alunos em química;
- Aulas teórico-práticas: centradas na resolução de casos para estudo, onde se pretende que os alunos analisem, procurem e identifiquem as informações que necessitam para a sua resolução. Neste processo deverão aplicar os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas e explorar as suas aplicações práticas no dia-a-dia;
- Aulas laboratoriais: centradas na promoção de um questionamento activo e da autonomia dos alunos na planificação e execução de experiências;
- Mini-projectos: desenvolvimento de um projecto de investigação, sobre um tema seleccionado pelos alunos, em pequenos grupos.

Para além das questões orais dos alunos, estimuladas pelo professor nos vários contextos de aprendizagem, são também incentivadas as suas questões escritas. Para a recolha dessas questões foram concebidos dois instrumentos específicos: 1) um software específico (“Questões em Química”), disponível actualmente na Internet através da plataforma de e-learning da Universidade de Aveiro, onde os alunos podem colocar as questões ao professor e aos colegas; e 2) a “Caixa de Questões”, disponibilizada em todas as aulas das disciplinas de Química, onde os alunos podem colocar as suas questões escritas no decorrer das próprias aulas, em alternativa à oralidade. Todas as perguntas recolhidas através dos dois meios são posteriormente respondidas pelo professor através do software “QQ”.

Uma investigação conduzida no âmbito deste projecto procurou relacionar os estilos de questionamento dos alunos com os seus estilos de aprendizagem (Pedrosa de Jesus *et al.*, 2004). As bases teóricas desse estudo, e os resultados que produziu, permitiram informar, orientar, e, em alguns casos, proporcionar adequações nas estratégias de ensino e de aprendizagem já descritas (Pedrosa de Jesus *et al.*, 2005b). Essas estratégias dirigem-se, assim, à diversidade de alunos e de estilos de aprendizagem e de questionamento.

Num outro estudo, realizado no âmbito do mesmo projecto, as questões dos alunos foram utilizadas como uma forma de desenvolver competências de resolução de

problemas e de pensamento lógico e reflexivo, durante a concretização de um mini-projecto (grupo de 3 alunas) (Pedrosa de Jesus *et al.*, 2005a). A dinâmica do trabalho de grupo foi explorada através das questões formuladas pelos alunos. Os resultados demonstraram que essas questões desempenharam várias funções, nomeadamente na estruturação do trabalho de grupo, na delimitação da dimensão do projecto, na organização de ideias, na identificação e reflexão sobre as várias fontes e formas de informação e na reflexão do projecto como um todo. As questões dos alunos, nesse contexto, contribuíram também para um maior envolvimento e motivação para a aprendizagem, aumentando a sua confiança em formular questões e promovendo as qualidade das interacções com o professor.

As questões do professor

Contrariamente à frequência com que ocorrem as perguntas dos alunos, o número de perguntas dos professores é muito mais elevado, representando 96% das perguntas no contexto da aula (Graesser & Person, 1994). Essa predominância foi também confirmada por Cunningham (1971), que verificou que os professores costumam utilizar cerca de 70% a 80% do tempo que falam para fazer perguntas. Os estudos analisados por Graesser & Person (1994) revelaram que os professores fazem entre 30 a 120 perguntas por hora, o que se traduz numa média de 69 perguntas por hora. Um estudo conduzido por Pedrosa de Jesus (1987), revelou que os professores colocam em média 2 a 3 perguntas por minuto. Outros estudos confirmam essa elevada frequência, de uma média de 2 perguntas por minuto (Dillon, 1988; Fahey, 1942b; Susskind, 1969, 1979).

Um dos argumentos principais que durante muito tempo serviu para justificar as questões dos professores na sala de aula foi que as suas práticas de questionamento forneciam modelos de questões que poderiam ser imitados pelos alunos (van der Meij, 1994). Está estudado que as questões do professor exercem uma forte influência sobre o padrão e o tipo de questões que os alunos elaboram (Alfke, 1974). No entanto, e infelizmente, os professores utilizam com demasiada frequência questões simples, de procura de conhecimento factual, que favorecem a memorização em detrimento de um conhecimento de nível superior e do desenvolvimento de capacidades de elevado nível cognitivo. Segundo Dillon (1988), apenas 4% dos professores fazem questões de qualidade. Os professores não oferecem, portanto, um bom modelo de como formular questões, e isso irá, inevitavelmente, reflectir-se nas questões formuladas pelos alunos

(van der Meij, 1994). Talvez também por isso a maioria dos alunos encare a ciência como o estudo de factos (Shodell, 1995).

Um estudo realizado no ensino de Matemática (Mason, 2000), baseou-se no pressuposto de que o estilo e o formato das perguntas utilizadas pelos professores influenciam profundamente as concepções dos alunos sobre a disciplina e a forma como é abordada. Segundo o autor, “os alunos pensam matematicamente quando na presença de alguém experiente na matéria que torna explícitos os seus processos mentais” (Mason, 2000, p. 97). Ao procurar compreender o tipo de questões que os matemáticos se colocam e as razões da sua formulação, o autor, e professor, acredita que pode enriquecer as experiências dos alunos em matemática. Assim, o objectivo desse trabalho foi colocar questões aos alunos da forma que são normalmente formuladas entre matemáticos, como modelos de questões a ser utilizadas pelos alunos, criando dessa forma um contexto propício ao pensamento matemático.

As questões do professor assumem, portanto, uma relevância fundamental como modelo para as questões formuladas pelos alunos, o que significa que os professores deverão envolver-se num questionamento de qualidade e de promoção de capacidades de nível superior.

É, no entanto, sabido que as questões geradas por um indivíduo promovem melhor a sua compreensão do que as questões formuladas por outros, nomeadamente pelo professor (King, 1994). Nesse sentido, Andre (1979) reforça a ideia de que a utilização de questões de alto nível cognitivo pelos professores pouco revela acerca das repercussões positivas na aprendizagem. As questões despoletadas pelas reflexões da própria pessoa são normalmente mais profundas e significativas, do que as questões provenientes do exterior, como as questões do professor ou de um livro. Também Foos *et al.* (1994) concluíram que os alunos que formulam as suas próprias questões, envolvendo-se activamente na aprendizagem, alcançam melhores resultados do que os alunos que não geram questões durante o estudo. A aprendizagem deve, então, envolver questões formuladas pelos alunos, que sejam para si significativas e proveitosas, sendo que o professor assume um papel fundamental no incentivo e orientação desse processo.

Em síntese, e pelos vários estudos descritos, torna-se evidente que as questões formuladas pelos alunos podem desempenhar um papel fundamental na sua aprendizagem. Essa relação positiva verifica-se, principalmente, se ocorrer alguma preparação dos alunos na formulação de questões. O papel do professor é, portanto,

fundamental na criação das condições adequadas para a promoção de um questionamento de qualidade, com o potencial de afectar positiva e significativamente a aprendizagem dos alunos.

2. O PROCESSO DE AVALIAÇÃO

A avaliação é normalmente considerada como o cerne da experiência do estudante e uma grande influência na forma como aborda a aprendizagem (Brown & Knight, 1994). A avaliação influencia o comportamento dos alunos e, do seu ponto de vista, define o currículo e o método de estudo que adoptam, sendo algumas vezes referida como um instrumento de aprendizagem (Biggs, 1999; Gijbels *et al.*, 2005; van Hattum-Janssen *et al.*, 2004).

Os alunos normalmente esforçam-se pela obtenção de bons resultados, e não por melhores aprendizagens; desperdiçam o seu tempo e energia à procura da resposta certa, evitando, sempre que tenham essa oportunidade, tarefas de maior complexidade (Black & Wiliam, 1998a). Dessa forma, a abordagem à aprendizagem acaba por ocorrer de uma forma muito superficial. Os alunos acabam por não se envolver de uma forma mais profunda e significativa, pois essa dimensão não será considerada ou valorizada na avaliação. Reconhecem muitas vezes como suficiente, no seu método de estudo, a memorização ou a mecanização de procedimentos (Brown & Knight, 1994).

A percepção que os alunos têm da avaliação é, por isso, muito importante nos efeitos que produz na aprendizagem. Por outro lado, a forma como o ambiente de aprendizagem é percepcionado pelos alunos, mais do que o próprio currículo, também afecta em grande escala o seu envolvimento, com consequências na avaliação e nos seus resultados (Gijbels *et al.*, 2005)

Na perspectiva dos alunos, a avaliação tem um efeito positivo na aprendizagem quando: 1) se relaciona com tarefas autênticas; 2) encoraja a aplicação de conhecimento em contextos realistas; 3) permite o desenvolvimento de várias competências; e 4) apresenta benefícios a longo prazo (Struyven *et al.*, 2005, p. 337)

Um estudo realizado no Ensino Universitário em Portugal, em vários cursos de Engenharia da Universidade do Minho, tinha como principal objectivo influenciar o processo de aprendizagem, conduzindo a abordagens mais profundas e de melhor

qualidade, através de modificações na avaliação (van Hattum-Janssen *et al.*, 2004). A introdução da auto-avaliação e da avaliação dos pares promoveu a participação dos alunos. Esse maior envolvimento e responsabilidade no processo de avaliação produziu efeitos positivos na sua aprendizagem.

Embora a avaliação seja reconhecida como um elemento vital por determinar a abordagem dos alunos à aprendizagem, há bastante criticismo relativamente às práticas de avaliação devido às debilidades que muitas vezes revela (Rust *et al.*, 2005). Continua a avaliar-se em função de objectivos que não traduzem nem fazem referência àquilo que os alunos realmente deveriam ser capazes de saber e fazer. O ensino é muitas vezes inconsistente com as práticas de avaliação. O tipo de perguntas utilizadas nos testes de avaliação muitas vezes não medem o que pretendem medir. Isso justifica a necessidade actual de avaliar realmente em função dos objectivos de aprendizagem (Brown & Knight, 1994). Black e Wiliam (1998b) salientaram também três aspectos fundamentais que revelam fragilidades no processo de avaliação: i) a maior parte dos testes utilizados pelos professores encorajam uma aprendizagem superficial, mesmo quando dizem pretender estimular e desenvolver capacidades superiores; ii) a atribuição de notas e as classificações meramente quantitativas em detrimento da função formativa da avaliação, e iii) os resultados e informações transmitidos aos alunos servem muitas vezes outras funções que não as relacionadas com a aprendizagem, alimentando a comparação e a competição entre alunos.

Segundo Mason (2000), professor de Matemática, quando se preparam actividades de avaliação ou questões de exame, o professor procura que os alunos se familiarizem com determinadas características do que está a ser questionado, que automatizem uma determinada técnica e que reconheçam a relevância dessa técnica no sentido de encontrar falhas e dificuldades. Mas, curiosamente, as questões colocadas raramente reflectem o processo de exploração matemática. O autor é da opinião de que, se as questões de avaliação realmente se debruçassem sobre o que se pretende que os alunos compreendam, no sentido de os envolver no verdadeiro pensamento matemático, a natureza e o tipo de questionamento na sala de aula sofreria inevitavelmente alterações. Do seu ponto de vista, se a matemática é encarada como uma colecção de teoremas, verificações e técnicas, então o tipo de questões formuladas vai reflectir essa perspectiva. Se, por outro lado, a matemática for abordada de uma forma que privilegie o

pensamento matemático, estando essencialmente envolvida na resolução de problemas, então essa será a abordagem que influenciará os estudantes (Mason, 2000).

Também de acordo com Rust *et al.* (2005), o desenvolvimento de uma abordagem construtiva da avaliação poderia permitir ultrapassar muitos dos problemas evidenciados e relacionados com a avaliação. Segundo estes autores, um processo de avaliação de natureza construtivista deverá assumir alguns pré-requisitos, tais como: i) a articulação com o ensino e a aprendizagem; ii) a definição explícita dos critérios de avaliação, associados aos objectivos da aprendizagem; iii) um envolvimento activo de alunos e professores na utilização desses critérios; e iv) uma apropriação das orientações do professor, pelos alunos, relativamente às aprendizagens efectuadas.

2.1. A articulação entre o ensino, a aprendizagem e a avaliação

A importância de uma avaliação integrada no processo de aprendizagem tem sido suportada pela ideia de que essa articulação promove e origina melhorias na aprendizagem (Biggs, 1999; Gijbels *et al.*, 2005; Treagust *et al.*, 2001; Watts, 2003; Zoller, 1993, 1994).

Biggs (1999) reforça a importância de uma articulação ('alignment') entre o currículo, os métodos de ensino e as estratégias de avaliação na promoção do ensino e de uma aprendizagem mais efectivos, relacionados com capacidades de alto nível cognitivo. Também Watts (2003, p. 454) salienta que "num sistema integrado todos os aspectos do ensino e da avaliação devem estar articulados para suportar uma aprendizagem de alto nível". O sistema de ensino é efectivo quando articula as estratégias de ensino e de aprendizagem com a avaliação de acordo com os objectivos estabelecidos no programa (Biggs, 1999).

À medida que o ensino, a aprendizagem e a avaliação se vão tornando mais articuladas, a avaliação vai assumindo a sua relevância como uma ferramenta de aprendizagem (Gijbels *et al.*, 2005). Um dos objectivos deverá ser, portanto, concretizar a articulação do ensino e da aprendizagem com o processo de avaliação.

A avaliação favorece a aprendizagem quando envolve os alunos em actividades produtivas e transmite, de uma forma clara, altas expectativas aos alunos.

A questão central do estudo realizado por Gijbels *et al.* (2005) foi baseada no pressuposto de que a introdução de actividades de avaliação em contextos de aprendizagem, em formato escrito e devidamente desenhadas pelo professor, poderia

resultar, em melhorias no desempenho dos alunos, em termos globais. Os resultados dessa investigação revelaram que os alunos que realizaram as diversas actividades de avaliação com sucesso obtiveram melhores resultados no exame final da disciplina em relação aos alunos que não as realizaram ou não as resolveram com sucesso. No entanto, o autor foi cauteloso nas ilações sobre a relação de causalidade entre as situações de avaliação no contexto da aprendizagem e as melhorias gerais verificadas na aprendizagem, apontando para a necessidade de futuras investigações.

De acordo com Dori (2003), uma avaliação articulada com o ensino e a aprendizagem deverá ser suficientemente sensível às diferenças individuais dos alunos para que conduzam a uma boa compreensão. Também salienta que quando a avaliação ocorre articulada com a aprendizagem os objectivos educacionais mais relevantes são alcançados. Se existir um bom enquadramento em termos educacionais, os alunos serão capazes de desenvolver capacidades de elevado nível cognitivo e a sua aprendizagem será mais efectiva da que ocorre segundo modelos de aprendizagem e de avaliação tradicionais. O contexto desse estudo, em disciplinas de Química e Biologia, permitiu concluir, com alguma segurança, que essas melhorias poderão ocorrer, de uma forma geral, nos cursos de ciências (Dori, 2003).

Segundo Cumming e Maxwell (1999), a articulação entre a aprendizagem, o ensino e a avaliação, pode ser traduzida na forma de um tetraedro (Figura 1):

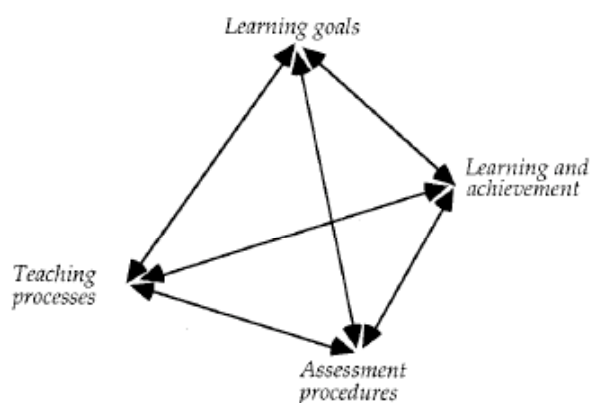


Figura 1 - Articulação entre o ensino, a aprendizagem e a avaliação (adaptado de Cumming & Maxwell, 1999).

A interpretação deste esquema, que relaciona as estratégias de ensino, os objectivos da aprendizagem, as aprendizagens alcançadas, e os métodos de avaliação, implica que qualquer alteração ou adequação realizada ao nível de um desses componentes levará

obrigatoriamente a ajustamentos nos outros três. Essa articulação é considerada fundamental para validar a consistência de todo o processo (Cumming & Maxwell, 1999).

Para concretizar essa articulação, todas as experiências de aprendizagem dos alunos deverão ser avaliadas. Para isso, devem ser adoptadas metodologias de avaliação e concebidos instrumentos de avaliação específicos para os diferentes contextos de aprendizagem (Hofstein, 2005).

2.2. A avaliação formativa

Vários estudos têm demonstrado que a introdução de práticas de avaliação formativa na sala de aula produz efeitos positivos na aprendizagem, resultando em aprendizagens de qualidade superior (Black & Wiliam, 1998a; Wiliam *et al.*, 2004). A avaliação formativa é considerada como um componente central de um ensino efectivo e de promoção de uma aprendizagem significativa (Bell & Cowie, 1999; Black & Wiliam, 1998b).

O processo de avaliação formativa envolve alunos e professores no sentido de reconhecer e avaliar as aprendizagens efectuadas (Bell & Cowie, 1999). De acordo com Bell e Cowie (2001) a implementação de uma avaliação formativa surge da necessidade de 1) avaliar tendo em consideração diferentes aspectos da aprendizagem, tais como a capacidade de questionamento e a capacidade de raciocínio; 2) usar uma maior variedade de instrumentos de avaliação, e 3) integrar a avaliação no currículo, avaliando em contextos mais autênticos.

Ao permitir avaliar diferentes qualidades e/ou capacidades, a avaliação formativa proporciona informação complementar aos outros instrumentos de avaliação, sendo que uma das finalidades é analisar a interacção entre o estudante e o currículo, na perspectiva do estudante como do professor (Heywood, 2000).

Num trabalho de revisão, Black e Wiliam (1998a) concluíram que o reforço da prática da avaliação formativa produz melhorias significativas, por vezes substanciais, na aprendizagem, principalmente em alunos com maiores dificuldades. Salientaram também que, para que a avaliação seja considerada formativa os seus resultados devem ser utilizados para ajustar as práticas de ensino e de aprendizagem. Muitos dos estudos analisados envolveram novas formas de promover a interacção entre professores e alunos, salientando o envolvimento activo dos alunos como importante contributo para uma aprendizagem significativa.

Essa interacção é considerada essencial na avaliação formativa, cujo objectivo é suportar e orientar as aprendizagens (Bell & Cowie, 1999; Gijbels *et al.*, 2005). O conhecimento dos resultados, necessário para avaliar o progresso, corrigir erros e melhorar o desempenho dos alunos deve ser o mais imediato possível e ocorrer com a frequência desejável e de forma suficientemente detalhada, para que possa ser útil aos alunos (Martens & Dochy, 1997). Dessa forma há um reforço da ligação entre a questão colocada pelo aluno e a resposta obtida, promovendo uma aprendizagem mais eficaz (Beare & Hewitson, 1996). O professor deve proporcionar comentários positivos, de reforço e encorajamento, assim como críticas construtivas e sugestões de melhoria. Deve também explicar a classificação atribuída em função dos critérios estabelecidos (Rust, 2002). Efeitos dessa interacção com o professor podem verificar-se ao nível 1) da selecção e da sequência dos conteúdos a estudar, 2) do método de estudo, e 3) do envolvimento e motivação ou do tempo dedicado ao estudo (Martens & Dochy, 1997).

O papel do aluno é fundamental neste processo, devendo demonstrar receptividade à interacção com o professor e adequar o seu desempenho para melhorar aprendizagem. A apropriação das informações proporcionadas pelo professor implica que os alunos reconheçam os objectivos de aprendizagem, que conheçam a sua situação face a esses objectivos, e que actuem no sentido de colmatar essa diferença (Orsmond *et al.*, 2005; Rust, 2002). Esse envolvimento activo deverá ser promovido e orientado pelo professor, pois muitas vezes os alunos não sabem como apropriar-se das informações por ele fornecidas.

Higgins *et al.* (2002) expressaram as suas dúvidas relativamente à utilização dessas informações pelos alunos e aos seus reflexos na aprendizagem, no caso particular do ensino superior. Argumentam que os alunos até podem reconhecer a sua importância, mas a forma como as utilizam não é clara e é complexa, necessitando de ser compreendida em vários contextos, através de mais investigação neste domínio.

Um estudo realizado por Orsmond *et al.* (2005), com alunos universitários do terceiro ano de Biologia, parece responder a algumas dessas incertezas. Os resultados indicam que os alunos utilizaram as informações sobre os resultados das avaliações, em contexto formativo e sumativo, de quatro formas específicas: a) para aumentar a sua motivação; b) para promover a aprendizagem; c) para estimular a reflexão; e d) para clarificar a compreensão. Foi também salientada a sua importância no enriquecimento do ambiente de aprendizagem e na promoção de uma análise e reflexão sobre o seu método de estudo.

De facto, na prática, a avaliação formativa que permite aos alunos receber um orientações efectivas do professor deverá traduzir-se em melhorias na aprendizagem (Black & Wiliam, 1998a).

Os professores do ensino superior devem assegurar que as informações sobre os resultados da avaliação sejam proporcionadas e transmitidas aos alunos ao nível da sua compreensão e dirigidas às suas necessidades individuais (Orsmond *et al.*, 2005). A discussão e o diálogo entre alunos e professor deve responder às suas necessidades e reorientar o seu raciocínio (Black & Wiliam, 1998b). Boas avaliações deverão corresponder a bons momentos de aprendizagem.

Sendo claro que é necessário implementar uma cultura de sucesso, em que todos os alunos acreditem que podem aprender, a avaliação formativa pode tornar-se numa estratégia fundamental, se implementada da forma correcta e adequada (Black & Wiliam, 1998b).

2.3. Formas alternativas de avaliação

A ‘avaliação alternativa’ é caracterizada por dois aspectos distintos: proporciona actividades alternativas aos testes tradicionais de escolha múltipla e reflecte situações ou problemas reais (Dori & Herscovitz, 1999). De modo geral, os estudantes salientam a contribuição das avaliações designadas por ‘alternativas’ para uma aprendizagem significativa, contrariamente aos métodos tradicionais que enfatizam a memorização e a reprodução das matérias estudadas. Este tipo de avaliação parece ser mais vantajoso para os alunos por avaliar qualidades, aptidões e competências, que serão valorizadas noutros contextos para além da avaliação. Proporcionam, também, uma participação activa dos alunos e oportunidades de interacção com o professor, em contraste com os métodos tradicionais de avaliação (Struyven *et al.*, 2005).

A preferência actual pelas formas alternativas de avaliação tem sido em parte estimulada pelas recentes evidências da importância do envolvimento activo dos alunos no processo de aprendizagem (Dori & Herscovitz, 1999; Maclellan, 2004).

De facto, as estratégias alternativas de avaliação, quando aplicadas, promovem nos alunos um envolvimento activo e o uso do conhecimento de uma forma criativa na resolução de problemas autênticos, não rotineiros e sem soluções óbvias (Dori, 2003).

De acordo com Black e Wiliam (1998a), as avaliações alternativas e articuladas com os processos de ensino e de aprendizagem, actuam como um importante elemento formativo. Também Maclellan (2004) defende que a avaliação alternativa preenche as finalidades da avaliação formativa. Segundo a definição de Nevo (1995), na avaliação formativa os alunos são avaliados com base na utilização activa do conhecimento na resolução de problemas, de uma forma criativa. Os problemas deverão ser representações autênticas dos encontrados na área académica específica ou em contextos da vida real (Tal *et al.*, 2000).

Cumming e Maxwell (1999) salientam também a importância da aprendizagem e da avaliação ocorrerem contextualizadas e de uma forma significativa para os alunos. Esta necessidade surge fundamentalmente do facto de a aprendizagem e o desempenho na avaliação serem dependentes do contexto em que ocorrem e também da motivação dos alunos.

Apesar das diferentes teorias da aprendizagem interpretarem de forma diferenciada o conceito de autenticidade, todas salientam o desenvolvimento de capacidades de nível cognitivo superior e a importância e implicações do contexto da avaliação no desempenho dos alunos (Cumming & Maxwell, 1999). Segundo os mesmos autores, uma avaliação autêntica não é possível sem o desenvolvimento de aprendizagens autênticas, numa perspectiva construtiva e centrada no aluno, e no desenvolvimento de capacidades de nível cognitivo superior. A utilização de situações de aprendizagem autênticas, que requerem construção em vez de reprodução, que favorecem o espírito de investigação e que demonstram o seu valor para além da escola, resultam em melhores resultados na aprendizagem (Wiliam *et al.*, 2004). Assim, a definição de objectivos congruentes com o desenvolvimento de capacidades de nível elevado poderão dar origem a melhores resultados na aprendizagem e na avaliação.

3. AS QUESTÕES DOS ALUNOS NA AVALIAÇÃO

A transição de um ensino tradicional, com base em capacidades de baixo nível cognitivo, para um ensino que promova competências de alto nível cognitivo reflecte-se, também, numa adequação das práticas de avaliação (Lubezky *et al.*, 2004). A avaliação centrada na promoção de competências de nível cognitivo superior deverá contemplar o

desenvolvimento de um pensamento crítico e avaliativo, a resolução de problemas, a capacidade para tomar decisões, assim como competências para formular questões.

A integração da competência de questionamento no processo de avaliação, utilizando as questões dos alunos como um instrumento alternativo, foi ainda pouco explorada, havendo poucos estudos que a descrevem (Dori, 2003; Dori & Herscovitz, 1999; Zoller, 1994, 2001).

Possivelmente, a primeira referência da integração das questões dos alunos na avaliação surge em 1982, num estudo realizado por Hartford e Good. Nesse estudo, as competências de questionamento foram desenvolvidas com alunos de Química no contexto das suas actividades laboratoriais. O tratamento experimental consistiu em ensinar os alunos a formular questões de investigação decorrentes das observações experimentais. Após cada aula laboratorial, foi proporcionada a cada aluno uma apreciação do professor, por escrito, sobre a adequação das questões de investigação que formularam. Para estimular os alunos, 1/6 da nota final do curso dependia da competência demonstrada em formular questões. O grupo de controlo era constituído por alunos a quem foram ensinados os mesmos conteúdos, a partir dos mesmos manuais de ensino, pelo mesmo professor e durante o mesmo período de tempo, mas sem a preparação na formulação de questões de investigação. A estratégia de instrução dos alunos no sentido de formularem mais e melhores questões foi considerada eficaz. Os resultados também revelaram que as competências de questionamento podem ser adquiridas independentemente do nível de desenvolvimento intelectual do aluno, no contexto da aprendizagem de química no ensino secundário (Hartford & Good, 1982). Segundo os autores, a capacidade para formular questões de investigação é um componente importante na resolução de problemas reais em actividades de ciência.

O primeiro autor a revelar estudos sistemáticos e a salientar a relevância da inclusão das questões dos alunos na avaliação foi Zoller (1994, 2001). Nesses estudos procurou-se desenvolver nos alunos capacidades de alto nível cognitivo considerando a sua inclusão na avaliação. O objectivo era conceber instrumentos apropriados para a avaliação de competências de nível cognitivo elevado, através, também, das questões formuladas pelos alunos. Segundo Zoller (2001) muitos dos processos de nível cognitivo superior como a resolução de problemas (e não exercícios), o pensamento crítico e a capacidade de decisão, não são avaliadas rotineiramente nos cursos de ciência, incluindo

Química. Zoller considera que o ensino, a aprendizagem e as estratégias de avaliação, orientados para competências de alto nível cognitivo, têm de ser mais desenvolvidos e reforçados na educação em ciência.

De salientar, também, o estudo realizado Dori e Herscovitz (1999) em que as questões dos alunos foram introduzidas na avaliação. Neste estudo de investigação exploraram a competência dos alunos na formulação de questões perante problemas reais em ciência, relacionados com o tópico “A qualidade do ar à nossa volta”. O trabalho desenvolvido, de natureza experimental, promoveu a elaboração de questões pelos alunos em variados contextos de aprendizagem: leitura de artigos científicos, análise de tabelas e gráficos, concepção de posters e anúncios que alertassem para o problema ambiental. A competência de questionamento dos alunos foi avaliada no início e no fim do módulo, através da utilização de pré- e pós-testes formativos, respectivamente. Cada teste consistia de uma parte onde se apresentava um caso para estudo relacionado com o tema perante o qual os alunos deveriam formular as questões que entendessem. Os resultados da análise das perguntas formuladas permitiram constatar uma melhoria na competência de questionamento dos alunos e do seu conhecimento sobre o tema, independentemente do seu nível académico/intelectual.

A melhoria significativa verificada na competência dos alunos em formularem questões reforça a sua utilização como um instrumento alternativo de avaliação, não só dessa capacidade, mas também da compreensão e análise, assim como da realização de juízos de valor sobre um determinado tema. Segundo as autoras, isto adiciona uma nova dimensão à avaliação convencional dos alunos, resultando em melhorias na aprendizagem, mesmo para alunos de nível académico inferior e que normalmente obtêm resultados mais baixos nos testes de conhecimento tradicionais (Dori & Herscovitz, 1999). Com base nos resultados que obtiveram, as autoras recomendam a “incorporação da análise da capacidade de questionamento dos alunos como um método alternativo de avaliação” (p. 428).

No capítulo de discussão dos resultados empíricos referiremos outras investigações relevantes para a problemática em estudo.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

Metodologia

A metodologia adoptada na concretização deste estudo foi de natureza qualitativa, tendo a investigação ocorrido em contexto naturalista (Tuckman, 2005). Os acontecimentos foram estudados na situação natural em que ocorreram, em contexto de sala de aula nas disciplinas de Química I e Química II. Só desta forma seria possível compreender-se o contexto das actividades de ensino, de aprendizagem e de avaliação, assim como a percepção e interpretação dos intervenientes: alunos e professor. A observação natural constituiu a principal fonte dos dados, com ênfase nas questões dos alunos formuladas no contexto da avaliação.

1. POPULAÇÃO

O estudo foi iniciado com uma população de 132 alunos respeitante a uma turma teórica de Química I, no primeiro semestre do ano lectivo 2004-2005. Na transição para o segundo semestre houve ligeiras alterações na constituição da turma, tendo entrado novos elementos e saído outros. Os novos alunos a frequentar esta turma no segundo semestre não foram considerados para o estudo. Como tal, houve uma limitação da população de estudo para 124 alunos, os que se mantiveram na turma nos dois semestres, pela possibilidade de acompanhamento durante todo o ano lectivo.

Esses alunos apresentavam diferente formação de base, estando a frequentar licenciaturas distintas na área das Ciências e Engenharias. As licenciaturas frequentadas são: Engenharia do Ambiente (EA), Engenharia Física (EF), Engenharia Geológica (EGeo), Engenharia de Materiais (EM), Ensino de Física e Química (EnsFQ), Engenharia Química (EQ), Física (FIS) e Meteorologia e Oceanografia Física (MOF). O número de alunos a frequentar cada licenciatura e respectiva percentagem são referidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Número e percentagem de alunos por licenciatura

	Frequência	Percentagem
EA	42	33.9
EF	2	1.6
EGeo	1	.8
EM	1	.8
ErsFQ	2	1.6
EQ	47	37.9
FIS	8	6.5
MOF	21	16.9
Total	124	100.0

2. MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO E DE RECOLHA DE DADOS

2.1. Observação

As aulas teóricas e teórico-práticas das disciplinas de Química I e Química II foram acompanhadas presencialmente, através de observação directa e não participante (Quivy & Campenhoudt, 1992). Este processo permitiu uma familiarização com o contexto de ensino e aprendizagem, assim como o registo das interações relevantes na sala de aula, nomeadamente as perguntas colocadas pelos alunos. A presença nas aulas teórico-práticas em que decorreu a avaliação formativa foi particularmente importante para observar os comportamentos dos alunos e interações entre eles e o professor.

Para além do preenchimento de grelhas de observação e de notas de campo, foi também realizada gravação áudio de todas as aulas assistidas, com o objectivo de facilitar o registo e contextualizar as perguntas dos alunos.

Desta forma, foi possível construir uma perspectiva global de todo o processo de ensino e de aprendizagem, que permitiu organizar de uma forma coerente e articulada as estratégias de avaliação a implementar. A presença nas aulas permitiu, também, uma proximidade particular aos alunos, que compreenderam o papel do investigador na sala de aula, tendo colaborado sempre que solicitado.

2.2. Recolha das perguntas escritas

Para além das perguntas orais formuladas no contexto das aulas, foram também recolhidas as perguntas escritas, colocadas na “Caixa de Questões” e através do

software “Questões em Química”, concebidos por outros investigadores e em anos lectivos anteriores no âmbito do projecto global já referido. A “Caixa de Questões” (Figura 2) é um instrumento que foi disponibilizado em todas as aulas da disciplina, permitindo aos alunos colocar as suas perguntas ao professor. Um outro meio alternativo foi o software <QQ> (Figura 3), disponibilizado na plataforma de e-learning da Universidade, o *BlackBoard*. As perguntas escritas recolhidas através dos dois meios foram sempre respondidas pelo professor, com a brevidade possível, através do interface <QQ>.



Figura 2 – “Caixa de Questões” numa aula teórica.

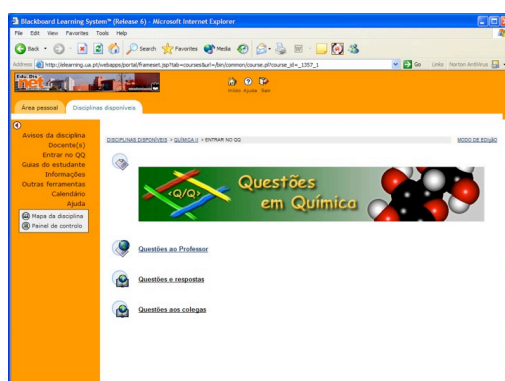


Figura 3 - "Questões em Química" no Blackboard.

As perguntas colocadas através desses meios, assim como as perguntas orais, não constituíram objecto de análise no âmbito deste estudo, tendo sido apenas consideradas como um dos factores de selecção dos alunos para as entrevistas. Essas perguntas foram, no entanto, consideradas e valorizadas pelo professor como um elemento da avaliação contínua.

O objecto de análise deste estudo centrou-se nas perguntas escritas formuladas no contexto das situações-problema apresentadas na avaliação formativa e sumativa. Estas perguntas foram integralmente transcritas, a partir dos testes escritos realizados por cada aluno e posteriormente analisadas do ponto de vista qualitativo, de acordo com o sistema de classificação que será descrito à frente.

2.3. Entrevistas

No sentido de conhecer e compreender a opinião de alunos e professor relativamente aos novos métodos de avaliação introduzidos no ano lectivo de 2004-2005, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas em diferentes momentos (Quivy & Campenhoudt, 1992). A realização de entrevistas funcionou como um importante método de recolha de dados, complementar à observação e à recolha das perguntas formuladas pelos alunos.

Optou-se pelo método da entrevista, em alternativa à administração de questionários, pelas vantagens que apresenta e por estar mais direccionado para os objectivos pretendidos. Através de um questionário “a informação pessoalmente susceptível e reveladora é difícil de se obter, (...) sendo também difícil receber respostas eficazes a questões directas e não específicas” (Tuckman, 2005, p. 321). Através de uma entrevista essas situações são facilitadas, para além de que as oportunidades para questionar e aprofundar são maiores, oferecendo uma maior flexibilidade.

As perguntas seleccionadas reflectiam os objectivos específicos do estudo, sendo normalmente de natureza exploratória. Requeriam, fundamentalmente, respostas não-estruturadas ou de final aberto (Tuckman, 2005).

As entrevistas com os alunos realizaram-se no fim de cada semestre. O objectivo era conhecer a sua opinião sobre as estratégias de ensino e de aprendizagem e, fundamentalmente, dos métodos de avaliação e de incentivo ao questionamento. As entrevistas do primeiro semestre permitiram, também, recolher sugestões no sentido de melhorar as situações de avaliação no segundo semestre.

Foram entrevistados um total de dez alunos, sete no primeiro semestre e seis no segundo semestre (três alunos foram entrevistados em ambos os semestres). Os alunos foram seleccionados de acordo com o número e a qualidade das perguntas formuladas no decurso de cada semestre, e das classificações obtidas nos testes de avaliação. Foram, para o efeito, consideradas as questões orais e escritas, colocadas no contexto

das aulas e através dos meios disponibilizados (programa <QQ> e Caixa de Questões), assim como as perguntas formuladas nos testes formativos e sumativos. Procurou-se, de acordo com estes critérios, obter um grupo de alunos de alguma forma diversificado. Os guiões destas entrevistas encontram-se no Anexo I.

A entrevista ao professor foi realizada apenas no final do segundo semestre, uma vez que as suas opiniões e perspectivas foram sendo conhecidas através do trabalho conjunto desenvolvido no decurso do ano. Esta entrevista permitiu, fundamentalmente, fazer um balanço do ano lectivo no que diz respeito à implementação das novas metodologias de avaliação e da sua articulação com o ensino e a aprendizagem. Foi também importante para melhor compreender a perspectiva do professor relativamente às repercussões dos novos métodos de avaliação na aprendizagem dos alunos. O guião da entrevista com o professor encontra-se no Anexo II.

Todas as entrevistas realizadas foram gravadas, em registo áudio, com o devido consentimento de todos os intervenientes e conhecimento dos propósitos do estudo. A confidencialidade dos alunos entrevistados foi assegurada.

3. PROCEDIMENTOS

3.1. Instrumentos de avaliação

Ao longo do ano lectivo vários instrumentos de avaliação foram especificamente concebidos com a finalidade de avaliar a competência de questionamento dos alunos perante situações problemáticas. De acordo com a opinião manifestada pelo professor na entrevista concedida, “o recurso a situações-problema como forma de suscitar questões formuladas pelos alunos visa melhorar significativamente o método e rendimento do ensino-aprendizagem, desenvolvendo no aluno capacidades de nível cognitivo superior, isto é, proporcionando-lhe uma formação verdadeiramente universitária, útil para vida activa”.

Estes testes, em suporte escrito, foram sempre elaborados em colaboração e segundo as orientações do professor. Cada teste consistia na apresentação de uma situação-problema relacionada com um tema de química previamente leccionado, objecto de

avaliação. Segundo o professor, “essa relação concretiza-se através da mobilização de conhecimentos e do estabelecimento de conexões com a matéria leccionada”.

As situações-problema estavam relacionadas com fenómenos naturais, sociais e/ou do quotidiano, tornando o seu contexto mais motivante e promotor de uma aprendizagem mais autêntica. Ainda de acordo com o professor, “a situação apresentada deve ser intrigante para o estudante face aos conhecimentos de que dispõe. Só assim poderá constituir um desafio intelectual, motivando o aluno a formular questões abertas e de qualidade”.

Tendo em vista estas finalidades, a selecção dos textos e imagens descritivas das situações-problema foi realizada criteriosamente e sempre em colaboração com o professor. Os textos e imagens foram, de modo geral, adaptados de conteúdos de revistas científicas e de livros técnicos de química. Por vezes, outros recursos foram consultados, nomeadamente artigos científicos e sítios na internet, para concretizar novas situações-problema com base nos temas propostos. O equilíbrio na selecção da informação, essencial e acessória, assim como o seu rigor e clareza, constituíram uma das principais preocupações. A informação não deveria ser muito limitada, pois não se pretendia direccionar ou restringir demasiado as questões dos alunos. Essa limitação poderia também originar uma maior dificuldade no estabelecimento de relações com o conhecimento prévio em química. Por outro lado, a informação acessória não deveria ser excessiva, pois poderia desviar a atenção para aspectos não centrais do problema.

Após a leitura e observação da informação fornecida, era solicitado aos alunos que formulassem questões cujas respostas lhes permitissem a compreensão do problema apresentado. Deveriam, também, explicar a razão da formulação de cada questão. No sentido de formular perguntas relevantes, os alunos deveriam ser capazes de activar o seu conhecimento prévio em química.

São apresentadas a seguir as situações-problema segundo a cronologia da sua realização, no primeiro e segundo semestres.

3.1.1. Química I: primeiro semestre

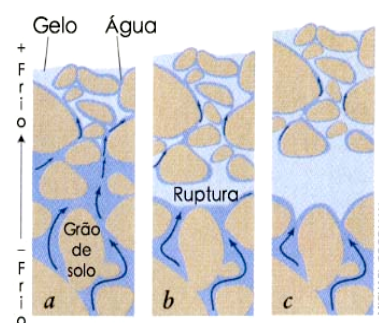
O programa de Química I, do primeiro semestre, englobava os seguintes capítulos: 1) A água, essa substância tão especial!, 2) Sólidos, 3) Arquitetura molecular, e 4) Termodinâmica química.

Para o primeiro momento formativo foram preparadas duas situações-problema relacionadas com conteúdos do primeiro capítulo, “A água, essa substância tão especial!”. Uma dessas situações era alusiva à formação de círculos de pedra (‘stone circles’) numa região do Ártico, e a outra relacionada com o processo de electrificação das nuvens. A cada turma teórico-prática foi apresentado apenas um dos testes, pelo que cada aluno apenas resolveu uma das situações-problema.

- **Círculos de pedra**

A ilha de Spitsbergen, no Oceano Ártico, exibe à superfície do solo formações naturais em forma de círculos quase perfeitos. Este padrão misterioso das rochas deve-se a ciclos de congelamento e descongelamento da água do solo. O fenómeno inicia-se devido às temperaturas muito negativas do ar que provocam o arrefecimento do solo e ao congelamento de alguma da água nele contida (ver esquema).¹

Formule a(s) questão(ões) que ache pertinente(s) para uma melhor compreensão do fenómeno descrito e explique por que razão(ões) a(s) formula.



Perante esta situação-problema, e no sentido de formular questões relevantes, o aluno deveria activar e mobilizar conhecimentos relacionados com os conteúdos previamente leccionados. Assim, seria importante a comparação das capacidades caloríficas específicas do gelo e da água líquida, o conhecimento de que o volume específico do

¹ Texto e imagens baseados em: John S. Wettlaufer and J. Greg Dash, Melting below zero, in Scientific American, February, 2000.

gelo é superior ao da água líquida, assim como a integração de conhecimentos sobre a fusão superficial do gelo e pressão osmótica de soluções aquosas.

De salientar a complexidade desta situação-problema, pela integração que exige de diversos conhecimentos, e o facto de se tratar de um fenómeno ainda no domínio da investigação.

- **Electrificação das nuvens**



Nas nuvens, os cristais de gelo de menores dimensões e, consequentemente, mais leves, impulsionados pelas correntes ascendentes de ar quente da atmosfera, colidem com os cristais maiores (granizo), adquirindo carga positiva e deixando carga negativa nas pedras de granizo (ver destaque da figura) que descem para a parte inferior das nuvens. Como resultado dessas colisões, as nuvens ficam carregadas positivamente na parte superior e negativamente na sua base.²

Formule a(s) questão(ões) que ache pertinente(s) para uma melhor compreensão do processo de electrificação das nuvens e explique por que razão(ões) a(s) formula.

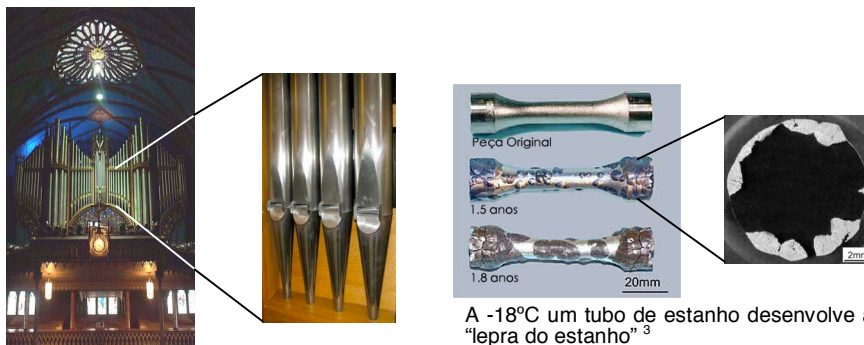
Os conhecimentos a ser mobilizados na resolução desta situação-problema eram também relativos ao capítulo “A água, essa substância tão especial!”, como já referido. Seria importante a relação com conhecimentos prévios relativos à fusão superficial do gelo e à auto-ionização da água (e separação de cargas entre partículas de gelo de dimensões diferentes). A complexidade desta situação-problema é mais uma vez reforçada por se tratar de um assunto ainda do domínio da investigação.

O primeiro teste sumativo foi realizado no período que decorreu entre o primeiro e o segundo teste formativo, sendo a situação-problema alusiva à “peste do estanho”. Este tema está relacionado com conteúdos do capítulo “Sólidos”, o segundo capítulo do programa da disciplina.

² Texto e imagens baseados em: John S. Wettlaufer and J. Greg Dash, Melting below zero, *in* Scientific American, February, 2000.

- **Peste do estanho**

No século XIX, verificou-se que os tubos de estanho dos órgãos das catedrais do norte da Europa, em climas frios, revelavam uma alteração do estanho que reduzia substancialmente as capacidades acústicas desses tubos. Tal degradação progressiva do estanho passou a ser designada, umas vezes, por “doença do estanho”, outras, por “peste do estanho” ou “lepra do estanho”.



Após a análise de toda a informação acima fornecida, formule as questões que ache pertinentes para uma melhor compreensão da “lepra do estanho”, tendo em vista o restauro destes órgãos e a resolução deste problema. Explique por que razão(ões) formula cada uma das questões que apresenta.

Na resolução desta situação-problema os alunos deveriam integrar conhecimentos relacionados com a transição sólido-sólido (aplicada ao estanho) e constatar a existência de duas formas cristalinas do estanho, estáveis a temperaturas diferentes. Era também importante reconhecer a particularidade da forma cristalina do estanho a baixa temperatura, caracterizada por uma densidade inferior relativamente à forma de temperatura superior (situação paralela à transição líquido-sólido da água).

Para o segundo momento formativo foi preparada uma situação-problema relacionada com o capítulo de “Arquitectura Molecular”, o terceiro capítulo do programa da disciplina. O tema seleccionado foi o caso “talidomida”, considerando a sua administração na década de 50 e as suas repercussões na saúde pública.

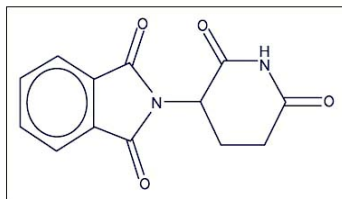
- **Talidomida**

Talidomida é o nome de um medicamento que surgiu na Alemanha Ocidental, em 1957, para o tratamento de insónias e do enjoo matinal em mulheres grávidas. Aparentemente, não apresentava efeitos secundários. A administração do fármaco durante os primeiros meses de gravidez foi mais tarde relacionada com anomalias no desenvolvimento fetal, tendo sido responsável por mais de 10.000 casos registados de malformações ao

³ Imagens adaptadas de: Kariya, Y., Gagg, C., & Plumbridge, W.J. (2000). Tin pest in lead-free solders. *Soldering & Surface Mount Technology*, 13(1), 39-40.

nível da espinal medula e dos membros. Tratou-se de um dos episódios mais negros da história da medicina na segunda metade do século passado.

A Talidomida ($C_{13}H_{10}N_2O_4$) é uma molécula quiral com a seguinte fórmula de estrutura:



Admita recuar aos anos 50, antes do lançamento público do fármaco ‘talidomida’. Formule questões de investigação cujas respostas contribuam para evitar o desastre causado. Explique a(s) razão(ões) que o levaram a formular cada uma das questões apresentadas.

Na resolução e compreensão deste problema era fundamental a activação de conhecimentos prévios sobre quiralidade molecular, especificamente sobre quiralidade nas interações receptor-ligando e distinção de enantiómeros.

O segundo teste sumativo ocorreu após o segundo teste formativo, estando também relacionado com os conteúdos previamente leccionados sobre “Arquitectura Molecular”. A situação-problema estava relacionada com a aplicação de feromonas de insectos no controlo de pestes agrícolas.

• **Feromonas**

Muitos seres vivos comunicam com outros da mesma espécie através da libertação de quantidades ínfimas de compostos químicos específicos designados por feromonas. Entre outras, existem feromonas que assinalam perigo (feromonas de alarme), que permitem que fêmea e macho se localizem para acasalar (feromonas sexuais), que assinalam a



Colocação de uma armadilha de feromonas numa macieira

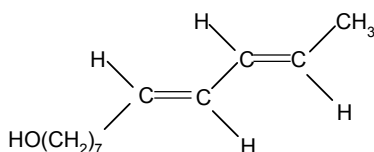


Difusor de feromonas (armadilha) mostrando insectos “iludidos” e capturados

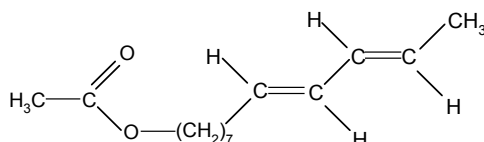
localização de alimentos (feromonas de rasto). As feromonas sexuais provocam um estímulo sexual no indivíduo do sexo oposto. No caso dos insectos, são normalmente sintetizadas pela fêmea, sendo o receptor do sinal químico o macho, atraído para acasalar.

Actualmente, a utilização de feromonas sexuais de insectos constitui uma importante técnica de protecção integrada de culturas, designada por “confusão sexual”. As feromonas são aplicadas em difusores distribuídos uniformemente pela área do pomar, o que aumenta a sua concentração no ar, confundindo (iludindo) os machos na procura de fêmeas.

O bichado da fruta (*Cydia pomonella*), na sua forma larvar, constitui uma praga dos pomares de macieiras e pereiras. As fêmeas desta espécie libertam uma feromona cujo principal componente é o *trans,trans*-8,10-dodecadien-1-ol:



Uma espécie muito próxima do bichado da fruta, *Cydia pyrivora*, constitui uma praga específica das pereiras. A feromona sexual libertada pelas fêmeas é o acetato de *trans,trans*-8,10-dodecadienilo:



Admita que é um agricultor biológico interessado em decidir quanto ao tipo de substâncias a utilizar na protecção dos seus pomares. Formule questões cujas respostas lhe permitam uma correcta tomada de decisão. Explique a(s) razão(ões) que o levaram a formular cada uma das questões.

Na resolução deste problema era importante reconhecer que a comunicação química ocorre entre seres vivos da mesma espécie, assim como identificar os aspectos estruturais semelhantes e diferentes nas feromonas apresentadas. A activação de conhecimentos sobre isomerismo geométrico era fundamental para a formulação de perguntas relevantes.

Para uma melhor visualização e integração do contexto em que ocorreram as situações-problema já descritas sistematizam-se essas informações na Tabela 2.

Tabela 2 – Contextualização da realização das situações-problema no primeiro semestre (Química I)

Tema de Química	“Água”		“Sólidos”	“Arquitectura Molecular”	
Situação-problema	“Círculos de Pedra”	“Electrificação das nuvens”	“Peste do estanho”	“Talidomida”	“Feromonas”
Tipo de avaliação	Formativa		Sumativa	Formativa	Sumativa
Data	07.10.2004		25.10.2004	22.11.2004	13.12.2004

3.1.2. Química II: segundo semestre

No segundo semestre foram realizados um teste formativo e dois testes de avaliação sumativa. Estes testes seguiram a mesma estrutura dos realizados no primeiro semestre, apenas com uma diferença introduzida na forma como se solicitou as perguntas aos alunos. Aqui, salientou-se que as respostas às questões formuladas não deveriam encontrar-se na informação fornecida. Este aspecto foi acrescentado devido ao número significativo de perguntas obtidas no primeiro semestre, cujas respostas se encontravam total ou parcialmente na descrição da situação-problema. Ao introduzir esta orientação procurou diminuir-se a frequência desse tipo de perguntas e envolver os alunos na formulação de questões mais relevantes.

O programa da disciplina de Química II incluía os seguintes capítulos: 1) Ácidos e Bases, 2) Oxidação-redução e Electroquímica, 3) Cinética Química, 4) Química do Carbono, e 5) Química Nuclear.

O teste formativo foi realizado no início do semestre, estando a situação-problema relacionada principalmente com conteúdos do capítulo de “Ácidos e Bases”, previamente leccionado. A situação-problema apresentada dizia respeito ao enfraquecimento das cascas dos ovos da ave Chapim real, provocada pela redução de cálcio no solo como consequência das chuvas ácidas.

• **Chapim real**

Em 1989, cientistas holandeses noticiaram que o Chapim real (Parus major), um pássaro comum das florestas, estava a produzir ovos com a casca anormalmente fina e porosa. Nas décadas de 60 e 70 a utilização de DDT havia causado um problema idêntico nos ovos dos pássaros, mas neste caso não foram detectados vestígios de insecticidas tóxicos.



Chapim real adulto



Ovos de Chapim real

Os cientistas investigaram também a dieta dos pássaros em cálcio, nutriente essencial para a fortificação da casca dos ovos. A obtenção de cálcio era assegurada pela ingestão de conchas de caracóis, que constituem a principal fonte de cálcio da dieta do Chapim real. No entanto, verificou-se uma escassez no número de caracóis.⁴

⁴ Texto adaptado de: Jones, L., & Atkins, P. (1999). *Chemistry: molecules, matter and change*, 4th ed. New York: W.H. Freeman and Company.

Formule questões cujas respostas não se encontrem na informação fornecida e que lhe permitam obter informações relevantes que conduzam à compreensão do problema apresentado. Explique por que razão/ões formulou cada questão.

Para a formulação de perguntas relevantes os alunos deveriam reconhecer a origem e formação de chuvas ácidas e o seu efeito no arrastamento e diminuição dos níveis de cálcio nos solos.

Para o primeiro teste sumativo foi seleccionada uma situação-problema que corresponde a uma experiência laboratorial designada vulgarmente por “coração de mercúrio”. Esta foi apresentada através de um texto e esquema descritivos no enunciado da prova e de um filme da experiência laboratorial, exibido durante a realização do teste. Os conteúdos previamente leccionados e relacionados com este problema diziam respeito fundamentalmente ao capítulo de “Reacções de Oxidação-Redução e Electroquímica”.

- **Coração de mercúrio**

A experiência apresentada é designada por “coração de mercúrio”. Uma gota de mercúrio é coberta por uma solução aquosa de dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) de potássio. O ferro é colocado de modo a que a sua ponta fina toque levemente a gota de mercúrio. Quando, à solução de dicromato, é adicionado ácido sulfúrico relativamente concentrado, a gota de mercúrio inicia uma oscilação rápida, passando de movimentos de contracção (em que toma forma quase esférica e perde o contacto com a ponta fina de ferro) a movimentos de distensão (em que adquire a forma oval, voltando a tocar a ponta de ferro). Este movimento rápido de oscilação da gota de mercúrio justifica a designação da experiência.

Formule perguntas cujas respostas não se encontrem na informação fornecida e lhe permitam obter informações relevantes que conduzam à compreensão da experiência. Explique por que razão/ões formula cada uma das questões. As perguntas formuladas podem propor a realização de ensaios ou experiências químicas cujos resultados julgue esclarecedores da experiência.

No sentido da compreensão da experiência os alunos deveriam relacionar conhecimentos sobre o sentido espontâneo de reacções de oxidação-redução e reconhecer a importância dos potenciais padrões de redução das espécies envolvidas. Deveriam também reconhecer a elevada tensão superficial do mercúrio, a alteração dessa tensão superficial por polarização da gota, assim como a sua despolarização por contacto com o ferro.

No segundo teste sumativo, a situação-problema foi alusiva à utilização do polímero Kevlar® no fabrico de coletes à prova de bala. Este tema estava relacionado com conteúdos do capítulo da “Química do Carbono”, previamente leccionado.

- **Kevlar**

O jornalista está prestes a sair para uma reportagem em teatro de guerra. Falta apenas vestir o colete à prova de bala, gesto que lhe pode salvar a vida e que é, fundamentalmente, acto de confiança na Química e no progresso que esta tem proporcionado à Sociedade.

Os coletes à prova de bala são uma das inúmeras aplicações do material KEVLAR®, desenvolvido pela firma



DuPont em 1965. Trata-se de uma das mais importantes fibras orgânicas alguma vez sintetizadas, devido à combinação única das suas propriedades: alta resistência, leveza, flexibilidade e conforto. É um polímero obtido por condensação de uma diamina ($H_2N-\phi-NH_2$; ϕ =anel benzénico substituído nos átomos H nas posições 1 e 4) com um ácido dicarboxílico ($HOOC-\phi-COOH$; ϕ =anel benzénico substituído nos átomos H nas posições 1 e 4).

Formule perguntas cujas respostas não se encontrem na informação fornecida e lhe permitam compreender quimicamente as propriedades do KEVLAR®. Explique por que razão/ões formulou cada questão.

Na resolução desta situação-problema os alunos deveriam activar conhecimentos sobre reacções de polimerização por condensação. Era também importante reconhecer a rigidez conformacional de anéis benzénicos e a simetria e extensão das pontes de hidrogénio entre as cadeias poliméricas. Reconhecendo a cooperatividade das pontes de hidrogénio seria possível compreender a resistência ao impacto e a capacidade de absorção de energia pelo material.

A Tabela 3 permite uma melhor visualização do contexto em que ocorreram os diferentes momentos de avaliação, no segundo semestre.

Tabela 3 –Contextualização da realização das situações-problema no segundo semestre (Química II)

Tema de Química	“Ácidos e Bases”	“Oxidação-Redução e Electroquímica”	“Química do Carbono”
Situação-problema	“Chapim real”	“Coração de mercúrio”	“Kevlar®”
Tipo de avaliação	Formativa	Sumativa	Sumativa
Data	07.03.2005	14.03.2005	17.05.2005

3.2. Contextos de avaliação

Como foi já referido, as situações-problema descritas foram aplicadas em contextos de avaliação formativa e sumativa, ao longo do ano lectivo.

3.2.1. Avaliação formativa

A avaliação formativa serviu, principalmente, para identificar as principais dificuldades dos alunos na formulação de perguntas e sugerir orientações para um questionamento crítico e de qualidade.

Os momentos de avaliação formativa decorreram nas aulas teórico-práticas de Química I e Química II, onde os alunos que constituem a turma teórica se encontram divididos em turmas de aproximadamente 30 alunos. No contexto normal destas aulas, os alunos resolvem casos para estudo e problemas relacionados com os conteúdos leccionados nas aulas teóricas. No ano lectivo de 2004-2005, foram pela primeira vez introduzidas situações de avaliação formativa promotoras da competência de formulação de questões, com recurso a situações-problema. A avaliação formativa foi realizada nessas aulas, após a leccionação nas aulas teóricas dos conteúdos de química relacionados.

O ambiente não formal durante a resolução dos testes formativos permitiu aos alunos a consulta de materiais de estudo, nomeadamente os apontamentos das aulas teóricas, assim como algumas interações com os colegas e professor.

Numa das aulas subsequentes à realização de cada situação-problema, o professor fornecia orientações gerais a toda a turma, no sentido de um melhor desempenho na formulação de questões, atribuindo também uma classificação qualitativa individual à prestação de cada aluno.

A metodologia sugerida aos alunos, para que se envolvessem num questionamento relevante e de qualidade, assentava nos seguintes princípios orientadores:

- i) recolha de toda a informação objectiva e relevante contida no texto e imagens fornecidas;
- ii) identificação das matérias leccionadas pertinentes à situação-problema apresentada;
- iii) activação do conhecimento prévio do estudante sobre estas matérias;

- iv) identificação dos aspectos não compreendidos ou que requerem informação não fornecida, e que suscitam perguntas;
- v) explicação das razões-de-ser das perguntas formuladas.

Estas orientações tinham a finalidade de auxiliar os alunos na abordagem às situações-problema de uma forma rigorosa e objectiva, no sentido de formularem questões relevantes e de qualidade. Para além disso, o professor fornecia também exemplos de questões que poderiam ser colocadas no contexto específico de cada situação-problema.

A avaliação do desempenho dos alunos na avaliação formativa e sumativa, pelo professor, teve como base aqueles critérios orientadores.

3.2.2. Avaliação sumativa

A avaliação sumativa periódica nas disciplinas de Química I e Química II ocorreu em dois momentos distintos, em cada semestre. O primeiro durante o período de aulas e o segundo após a conclusão das aulas de cada semestre. Os testes sumativos, ou exames, apresentaram uma estrutura em duas partes: a primeira consistia de perguntas de escolha múltipla correspondentes a diferentes níveis de complexidade, e a segunda de duas questões de resposta aberta, uma com estrutura semelhante aos casos para estudo realizados nas aulas teórico-práticas, e a outra apresentando uma situação-problema idêntica à dos testes formativos.

Como foi já referido, os critérios de avaliação sumativa das situações-problema tiveram por base a metodologia proposta aos alunos para a formulação de questões.

Numa das aulas posteriores à realização dos testes sumativos, o professor explorava a situação-problema correspondente, proporcionando exemplos de questões e insistindo nas orientações veiculadas nos momentos formativos. Nestas ocasiões, os alunos tinham também um papel activo, aproveitando para esclarecer as suas dúvidas, à semelhança do que acontecia nos momentos formativos.

4. ANÁLISE DE DADOS

Os dados considerados para análise incluem todas as questões formuladas no âmbito das situações-problema apresentadas nos dois semestres, assim como as entrevistas realizadas com alunos e professor.

4.1. Questões dos alunos

Na literatura encontram-se diversos sistemas de classificação das questões dos alunos, congruentes com os objectivos específicos do estudo a que se propõem. Esta diversidade reflecte não só a complexidade inerente à sua categorização, mas também a variedade de perguntas que podem emergir em diferentes contextos.

Neste estudo, procurou avaliar-se a qualidade das questões escritas, formuladas nos contextos de avaliação formativa e sumativa. Para tal, foi necessário adoptar um sistema de classificação que permitisse analisar com a maior fidelidade possível as questões formuladas. Dada a especificidade das situações-problema, que condicionaria também uma diversidade no tipo de questões, era desejável que as categorias de análise propostas fossem globalizantes e, ao mesmo tempo, permitissem uma discriminação dessa diversidade qualitativa.

Assim, tornou-se fundamental a “utilização dos dados recolhidos para desenvolver as categorias a utilizar na classificação dos mesmos” (Tuckman, 2005, p. 528). Como tal, o sistema de classificação adoptado apenas se delineou após uma leitura crítica e uma apropriação do tipo de perguntas formuladas nos primeiros testes do primeiro semestre, os dados disponíveis à data.

4.1.1. Primeira proposta de classificação das questões

Para a análise qualitativa das questões dos alunos, no contexto da avaliação, foi concebido um primeiro modelo de classificação adaptado de Dori e Herscovitz (1999). Cada questão seria classificada, independentemente, em duas categorias principais: i) o nível cognitivo, e ii) a relação com a situação-problema. As subcategorias correspondentes são a seguir descritas:

i) **Nível cognitivo**, de acordo com os seis níveis correspondentes à taxonomia dos objectivos educacionais para o domínio cognitivo (Bloom *et al.*, 1956):

1. Conhecimento factual

As perguntas têm um carácter informativo, procurando apenas simples ideias, factos ou conceitos. São perguntas efectuadas com vista à confirmação ou clarificação dos dados fornecidos. Frequentemente a resposta pode ser obtida através da leitura e observação das informações fornecidas;

2. Compreensão

As perguntas procuram a compreensão e/ou interpretação dos processos inerentes ao fenómeno descrito. Podem indicar a previsão das consequências ou a inferência das causas do fenómeno, ou ainda dos processos em questão, revelando um carácter especulativo;

3. Aplicação

Nestas perguntas é evidente a utilização de conhecimentos ou conceitos prévios, de química e/ou de outras áreas disciplinares ou não disciplinares, no estabelecimento de relações com o fenómeno descrito;

4. Análise

As perguntas revelam que houve uma análise cuidada e selecção crítica da informação, identificando os conceitos relevantes omitidos e a sua importância para a compreensão do fenómeno;

5. Síntese

Estas perguntas vão para além dos dados disponibilizados, avançando com previsões, hipóteses, conclusões ou generalizações. São relacionados conhecimentos prévios na criação de “novo conhecimento”;

6. Avaliação

Perguntas que avaliam as evidências e/ou que revelam uma tomada de posição/decisão, ou emitem juízos de valor.

ii) Relação da questão com a situação-problema, baseada no modelo proposto por Dori & Herscovitz (1999), de acordo com as seguintes descrições:

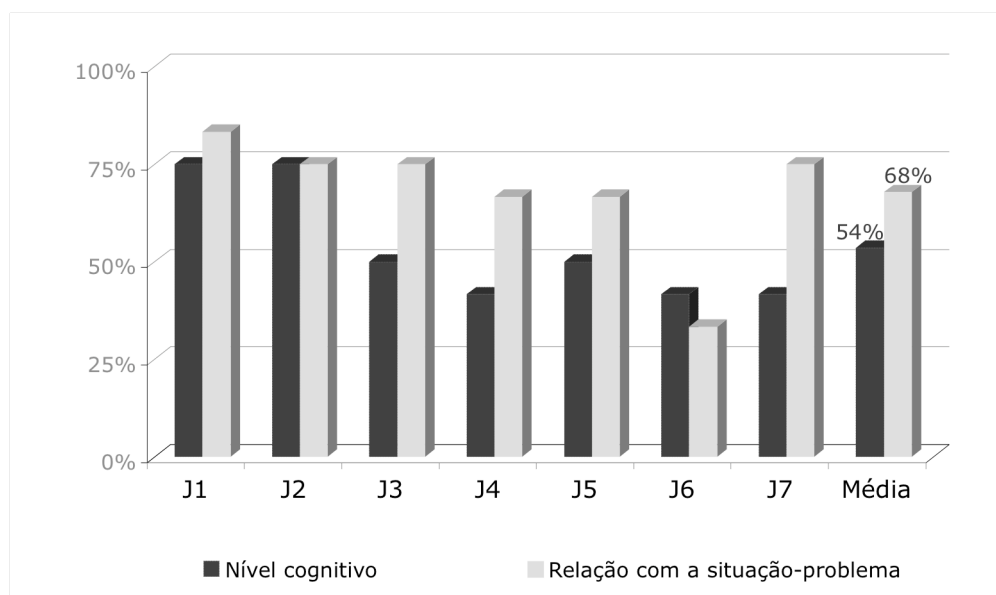
- 1) Pergunta não relacionada com o fenómeno ou problema descrito e/ou pergunta formulada com base na análise incorrecta da informação fornecida;
- 2) A resposta à pergunta é fornecida na descrição da situação-problema (texto e/ou imagem);
- 3) A resposta encontra-se parcialmente (ou de uma forma implícita) na informação fornecida (texto e/ou imagem);
- 4) A resposta à pergunta não se encontra na informação fornecida (texto e/ou imagem).

Validação

Para validar este instrumento de classificação recorreu-se a um painel de 7 juízes, incluindo três professores de Química, dois professores de Didáctica das Ciências e dois estudantes de Doutoramento na mesma área, da Universidade de Aveiro. Foram seleccionadas doze perguntas formuladas no âmbito da resolução de duas situações-problema apresentadas no primeiro semestre: o processo de “electrificação das nuvens”, do primeiro momento formativo, e o caso “talidomida” do segundo teste formativo.

Os níveis de concordância obtidos entre a classificação de cada um dos juízes e a da investigadora são expressos no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Níveis de concordância para o nível cognitivo e a relação com a situação-problema, entre cada juiz (J) e a investigadora (primeira tentativa de validação)



O valor médio dessa concordância foi de 54% para o nível cognitivo e de 68% para a relação com a situação-problema, não tendo sido considerado um resultado consistente que permitisse o prosseguimento da análise das questões.

Através deste processo de validação ficou evidente a complexidade e alguma subjectividade inerente ao processo de classificação de perguntas. A dificuldade pareceu estar relacionada com a diversidade de categorias para o nível cognitivo e com a discriminação entre níveis cognitivos próximos.

Na classificação segundo a relação com a situação-problema, a dificuldade pareceu estar associada a alguma ambiguidade na descrição da subcategoria 1), podendo por vezes não ser evidente a sua mútua exclusividade em relação às outras subcategorias de análise. Perante este cenário, considerou-se importante reformular as subcategorias de análise e propor um sistema de classificação adaptado.

4.1.2. Segunda proposta de classificação das questões

As subcategorias de análise para o nível cognitivo e para a relação com a situação-problema foram reformuladas, tendo resultado quatro subcategorias para o i) nível cognitivo e três para iii) a relação com a situação-problema.

i) Nível Cognitivo

A classificação segundo o nível cognitivo foi adaptada da taxonomia dos objectivos educacionais de Bloom (1956), para o domínio cognitivo, e da classificação proposta por Harper, Lin & Etkina (2003). As subcategorias de análise do primeiro modelo de classificação proposto foram agrupadas duas a duas no que respeita aos níveis cognitivos superiores (3 e 4; 5 e 6). Assim, passaram a considerar-se duas categorias de baixo nível cognitivo (C1 e C2) e duas categorias de alto nível cognitivo (C3 e C4), de acordo com a seguinte descrição:

1. Conhecimento factual (C1)

Perguntas que procuram a aquisição de informação precisa e específica, como simples ideias, factos ou conceitos (que podem ser isolados e lembrados separadamente). Na formulação deste tipo de perguntas, e respectivas respostas, estão envolvidos diversos processos mentais, tais como: nomear/reconhecer, definir, identificar, designar ou dar respostas sim/não. São perguntas efectuadas com vista à confirmação ou clarificação dos dados fornecidos. Frequentemente a resposta pode ser obtida através da leitura e observação das informações fornecidas.

2. Compreensão (C2)

Perguntas que procuram uma melhor compreensão dos fenómenos e processos descritos. Os processos mentais envolvidos incluem a interpretação da informação fornecida, podendo também conjecturar sobre as causas e/ou consequências/implicações da situação descrita (reconhecimento da limitação dos dados). Todos estes processos são baseados apenas nos dados fornecidos, não havendo qualquer tipo de abstracção ou integração de informação não fornecida.

3. Aplicação e/ou Análise (C3)

Nestas questões é evidente a utilização de conhecimentos ou conceitos prévios, de química e/ou de outras áreas disciplinares ou não disciplinares, no estabelecimento de relações com o fenómeno descrito. Os processos mentais subjacentes incluem a activação e mobilização do conhecimento prévio, na resolução do problema. As questões podem revelar uma análise cuidada dos elementos fornecidos e das suas relações e/ou identificar os conceitos relevantes omitidos e a sua importância para a compreensão do fenómeno.

4. Síntese e/ou Avaliação (C4)

As questões deste nível vão para além dos dados disponibilizados, revelando processos mentais que incluem a formulação de hipóteses, previsões, inferências, conclusões ou generalizações. São relacionados conhecimentos prévios na criação de “novo conhecimento”. Estas questões podem revelar a avaliação das evidências e/ou tomada de posição/decisão, podendo também emitir juízos de valor ou opiniões pessoais.

ii) Relação com a situação-problema

As subcategorias para a relação com a situação-problema foram também adaptadas, optando-se por eliminar a categoria 1) do esquema anterior, considerando-se apenas as restantes:

- R1.** A resposta à pergunta é totalmente fornecida na descrição da situação (texto e imagens);
- R2.** A resposta encontra-se parcialmente descrita (ou de uma forma implícita) na informação fornecida (texto e imagens);
- R3.** A resposta à pergunta não se encontra na informação fornecida (texto e imagens).

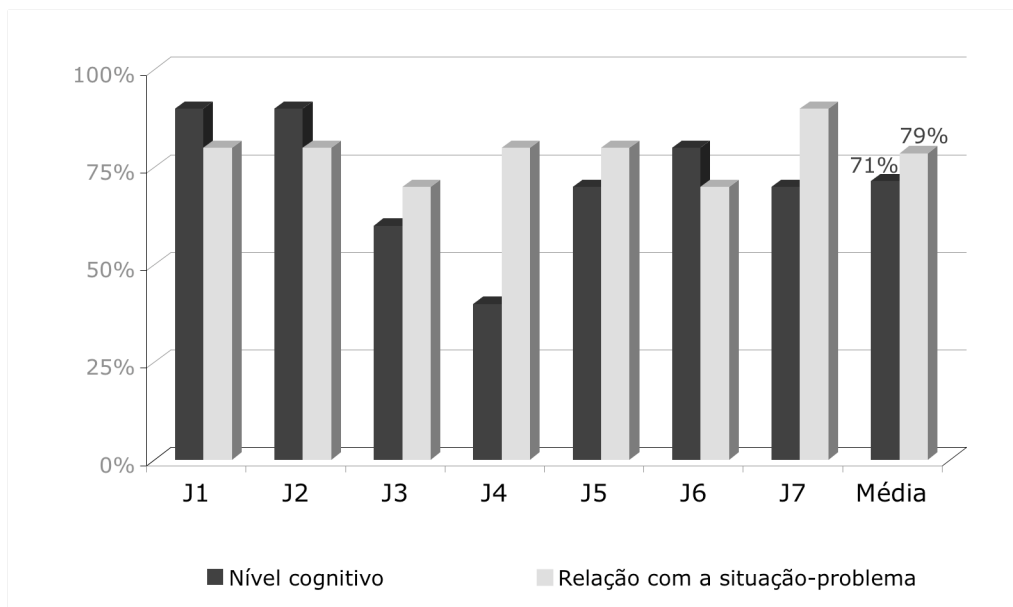
As perguntas não passíveis de serem classificadas nas categorias definidas foram incluídas numa categoria designada por “**Outras**”, por serem ilógicas, apresentarem falta de clareza ou de sentido, ou serem ininteligíveis,

Validação

Para a validação deste segundo esquema de classificação manteve-se o mesmo painel de juízes. Foram seleccionadas dez perguntas realizadas no contexto das mesmas situações-problema, “electrificação das nuvens” e “talidomida”, por haver já uma familiarização com o seu contexto. De realçar, no entanto, que foram seleccionadas perguntas diferentes das do primeiro exercício de validação. Este documento de validação encontra-se no Anexo III.

Os níveis de concordância obtidos, entre cada juiz e a investigadora, para cada uma das categorias, são referidos no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Níveis de concordância para o nível cognitivo e a relação com a situação-problema, entre cada juiz (J) e a investigadora (segunda validação)



Obteve-se uma concordância de 71% para o nível cognitivo e de 79% para a relação com a situação-problema (valores médios). Foram considerados valores satisfatórios, tendo em consideração o que já foi dito relativamente à complexidade e dificuldade de classificar perguntas, sobretudo num contexto tão distinto do habitual. Como tal, avançou-se para a sua análise qualitativa com base neste sistema de classificação.

Orientação das questões: uma categoria adicional

No decorrer do processo de análise, mais concretamente no contexto das questões formuladas nas últimas situações-problema do primeiro semestre (“tubos de estanho”, “talidomida” e “feromonas”), sentiu-se a necessidade de considerar uma outra categoria de análise: a **orientação das questões**. Na sua origem esteve uma quantidade considerável de perguntas que se direccionaram fundamentalmente para os aspectos mais práticos do problema, afastando-se da problemática química. A sua classificação, apenas segundo o i) nível cognitivo e ii) relação com a situação-problema, revelou-se insuficiente para avaliar correctamente a sua relevância no contexto em que foram formuladas. Também a sua discriminação relativamente a outras perguntas do mesmo nível cognitivo ficava comprometida.

Analisando a orientação dessas perguntas, parecia existir alguma relação com a forma como foi especificamente solicitado aos alunos a resolução dessas situações-problema.

Para cada situação particular, verificam-se algumas indicações (a sublinhado) que poderão, de alguma forma, ter condicionado essa orientação:

- *Peste do estanho* (1ª avaliação sumativa):

Após a análise de toda a informação acima fornecida, formule as questões que ache pertinentes para uma melhor compreensão da “lepra do estanho”, tendo em vista o restauro destes órgãos e a resolução deste problema. Explique por que razão(ões) formula cada uma das questões que apresenta.

- *Talidomida* (2ª avaliação formativa):

Admita recuar aos anos 50, antes do lançamento público do fármaco ‘talidomida’. Formule questões de investigação cujas respostas contribuam para evitar o desastre causado. Explique a(s) razão(ões) que o levaram a formular cada uma das questões apresentadas.”

- *Feromonas* (2ª avaliação sumativa):

Admita que é um agricultor biológico interessado em decidir quanto ao tipo de substâncias a utilizar na protecção dos seus pomares. Formule questões cujas respostas lhe permitam uma correcta tomada de decisão. Explique a(s) razão(ões) que o levaram a formular cada uma das questões.

A categoria “orientação” revelou-se, portanto, fundamental por permitir melhor discriminar a qualidade e a relevância das perguntas formuladas no contexto específico de cada situação-problema.

Assim, com base nos dados até então recolhidos, foram definidas as seguintes subcategorias de análise para a orientação das questões (iii):

1. Questões orientadas para o problema: procuram clarificar, compreender e/ou solucionar aspectos do problema apresentado. As suas respostas fornecem informações relevantes para a compreensão do problema. Estas questões não se afastam da problemática apresentada podendo revelar uma orientação mais “química” ou mais “geral”, sendo classificadas numa das subcategorias:

1.1. Orientação química: questões que revelam conceitos/conteúdos de química, estando orientadas para a identificação, clarificação, compreensão, e/ou resolução dos problemas químicos inerentes à situação apresentada;

1.2. Orientação geral: questões que, embora orientadas para o que é solicitado no enunciado do problema, não evidenciam aspectos de química. Contudo, muitas vezes as suas respostas podem envolver conceitos/conteúdos do domínio da química.

2. *Questões não orientadas para o problema*: não estão directamente relacionadas com o problema apresentado. As suas respostas não acrescentariam informação relevante para a compreensão do problema. Por vezes procuram o esclarecimento de curiosidades suscitadas pela situação apresentada, aparentemente não relacionadas com o problema.

Todas as questões foram, então, analisadas e classificadas independentemente nas três categorias de análise: i) nível cognitivo, ii) relação com a situação-problema, e iii) orientação.

4.1.3. *Utilização do computador*

A aplicação utilizada para a introdução e tratamento dos dados foi o Microsoft Excel, onde se inseriram todas as questões escritas, formuladas no contexto de cada situação-problema, associadas à sua classificação nas três categorias de análise (Anexo IV). Estes dados estavam naturalmente associados à identificação de cada aluno (nome, número mecanográfico, curso e turma teórico-prática), a quem foi atribuído um código pessoal, permitindo manter confidencial a sua identidade na apresentação dos dados. Para estas folhas de cálculo foram também transcritas as explicações da formulação de cada questão, quando existentes. A associação da explicação à pergunta correspondente permitiu, em alguns casos, auxiliar na classificação das perguntas, principalmente no nível cognitivo.

A análise qualitativa das perguntas foi complementada com uma análise quantitativa. Para o efeito, utilizou-se o programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), para onde se exportaram os dados já introduzidos no Microsoft Excel. Recorreu-se a técnicas de estatística descritiva, fundamentalmente cálculos de frequências e cruzamento das variáveis (entenda-se, categorias de análise).

4.2. Entrevistas

As entrevistas foram integralmente transcritas para que o tratamento das informações ocorresse de forma eficaz e fidedigna. A transcrição das entrevistas realizadas com alunos e professor encontra-se no Anexo V.

A análise de conteúdo foi realizada sem auxílio de qualquer software específico. Procurou estabelecer-se unidades de análise e codificar-se o conteúdo das respostas de acordo com os objectivos específicos estabelecidos.

CAPÍTULO IV

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Apresentação e Discussão dos Resultados

Os resultados aqui apresentados referem-se à análise das questões formuladas pelos alunos no contexto das situações-problema apresentadas nos testes de avaliação formativa e sumativa, ao longo do ano lectivo. Como foi já referido, esta análise foi realizada do ponto de vista qualitativo, considerando o nível cognitivo, a orientação e a relação das questões com a situação-problema, e complementada com instrumentos de análise quantitativa.

A apresentação dos resultados decorrentes desta análise está estruturada em três partes principais. Inicialmente faz-se uma descrição dos resultados obtidos em cada situação-problema, discutindo-se as suas particularidades sempre que pertinente (ponto 1). Uma análise a este nível permitirá avaliar, de alguma forma, as situações-problema concebidas e a sua adequação para avaliação da competência de questionamento dos alunos.

Seguidamente, os mesmos resultados serão apresentados e discutidos de uma forma global, agrupando os resultados de todas as situações de avaliação realizadas (ponto 2). Esta perspectiva permite confrontar e comparar os resultados obtidos em cada situação-problema, assim como confirmar relações entre as categorias de classificação das questões já perspectivadas no decorrer da análise. Será também possível avaliar a evolução no número e qualidade das perguntas formuladas no decorrer do ano lectivo.

Por último, apresentam-se os resultados por aluno, procurando compreender a evolução da sua competência de questionamento ao longo do ano lectivo e possíveis relações com a aprendizagem em Química (ponto 3).

1. RESULTADOS POR TESTE DE AVALIAÇÃO

Os resultados são apresentados na sequência cronológica da realização de cada avaliação, no primeiro e segundo semestres. Para cada situação-problema são referidos exemplos de questões de acordo com a sua classificação nas diferentes categorias: i) nível cognitivo, ii) relação com a situação-problema, e iii) orientação. Simultaneamente, apresentam-se resultados quantitativos, como as suas frequências e percentagens, assim como cruzamentos entre as variáveis de análise, procurando possíveis relações entre elas.

1.1. Química I: primeiro semestre

1.1.1. Círculos de pedra: primeira avaliação formativa (1.^a turma)

A Tabela 4 mostra alguns exemplos de perguntas formuladas no contexto desta situação de avaliação e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação-problema.

Tabela 4 – Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação-problema - “Círculos de pedra”

Nível Cognitivo	Perguntas	Relação*
Conhecimento factual (C1)	<i>Onde se verifica este fenómeno, isto é, verifica-se à superfície ou não?</i>	R1
	<i>O padrão misterioso nas rochas deve-se a ciclo de congelamento e descongelamento. Estes ciclos são originados pela variação de temperatura?</i>	R2
	<i>Qual o tipo de material rochoso que permite uma deformação tão elástica do solo, num ambiente como o considerado?</i>	R3
Compreensão (C2)	<i>Porque se verifica uma ruptura no solo? Será que é devido ao descongelamento da água?</i>	R2
	<i>No esquema apresentado vê-se uma "subida" do solo, que pela lógica, será o que provoca a formação desses círculos quase perfeitos. É o próprio congelamento da água que o faz? Como?</i>	R3
Aplicação ou Análise (C3)	<i>A água ao congelar aumenta 9% do seu volume e isso provoca a ruptura do solo, mas como é que o solo fica com forma de círculos?</i>	R3
Síntese ou Avaliação (C4)	(não houve perguntas classificadas neste nível cognitivo)	
Outras	<i>Como é que é possível falar-se no arrefecimento do solo quando se trata do Árctico?</i>	

* R1: resposta totalmente fornecida na informação; R2: resposta parcialmente fornecida na informação; R3: a resposta não se encontra na informação fornecida

O número de perguntas formuladas, assim como a sua percentagem, de acordo com a classificação no **nível cognitivo** é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Círculos de pedra”

	Frequência	Porcentagem
outras	3	3.1
conhecimento factual	20	20.4
compreensão	61	62.2
aplicação e/ou análise	14	14.3
Total	98	100.0

O maior número de perguntas corresponde ao nível da “compreensão” (~62%). Estas perguntas procuraram maioritariamente a interpretação da ruptura do solo evidenciada no esquema, especulando acerca das causas para a sua ocorrência e tentando relacioná-la com a formação do padrão circular do solo à superfície.

Foram classificadas 20 perguntas na subcategoria do “conhecimento factual”, o que, juntamente com as perguntas do nível da compreensão, representa mais de 82% de perguntas de baixo nível cognitivo.

Apenas ~14% das perguntas foram classificadas num nível cognitivo superior, correspondendo, neste caso, ao nível da “aplicação e/ou análise”. As questões classificadas neste nível revelam, sobretudo, a utilização de conhecimentos sobre a densidade e volume da água, nos estados líquido e sólido, salientando a sua importância para a compreensão do fenómeno.

A Tabela 6 revela o número de perguntas classificadas nas subcategorias da **relação com a situação-problema**.

Tabela 6 – Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema “Círculos de pedra”

	Frequência	Porcentagem
outras	3	3.1
resposta total/ fornecida	8	8.2
resposta parcial/ fornecida	20	20.4
a resposta não é fornecida	67	68.4
Total	98	100.0

É evidente que as respostas à maioria das perguntas formuladas não se encontram na informação disponibilizada (68%). Apenas 8% das perguntas encontram as suas respostas totalmente fornecidas na informação.

Para exemplificar a classificação das perguntas segundo a sua **orientação** para o problema, foram seleccionados alguns exemplos, apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Círculos de pedra”

Orientação	Perguntas
Orientação Química	<i>É possível haver acção de atracção e/ou repulsão entre as moléculas interiores e exteriores às rochas?</i>
	<i>Se a água é uma substância com características especiais, tais como o facto de ao gelar aumentar de volume, isto é, expande-se no solo e faz com que haja um aumento de pressão nas fissuras aí existentes, porque é que o solo adquire a forma de círculos e não uma forma desordenada?</i>
Orientação Geral	<i>Onde se verifica este fenómeno, isto é, se verifica-se à superfície ou não?</i>
	<i>Porque se verifica uma ruptura no solo? Será que é devido ao descongelamento da água?</i>
	<i>Porque é que as formações naturais que resultam deste ciclo de descongelamento/congelamento apresentam uma forma circular?</i>
Perguntas não orientadas para o problema	<i>Por que razão se considera que as gotas de água têm uma forma esférica quase perfeita?</i>
	<i>Sabendo que a água congela a 0°C porque é que necessita de estar a temperaturas muito abaixo dos 0°C para provocar o arrefecimento do solo?</i>

Através da leitura da Tabela 8 verifica-se que ~76% das perguntas formuladas na resolução desta situação-problema revelou uma orientação para os aspectos gerais do problema. As perguntas com uma orientação química representam ~15% do número total de perguntas. Apenas ~6% das perguntas revelou não estar orientada para o problema.

Tabela 8 – Classificação das perguntas segundo a sua orientação - “Círculos de pedra”

	Frequência	Percentagem
outras	3	3.1
não orientada para o problema	6	6.1
orientação geral	74	75.5
orientação química	15	15.3
Total	98	100.0

A Tabela 9 pretende mostrar possíveis relações entre as três variáveis de análise, nível cognitivo, relação e orientação para o problema, considerado os resultados da situação “círculos de pedra”.

Tabela 9 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Círculos de pedra”

		Orientação				Total
		outras	sem orientação	orientação geral	orientação química	
Nível cognitivo		outras	3			3
conhecimento factual	resposta total/ fornecida		1	7		8
	resposta parcial/ fornecida		1	5		6
	a resposta não é fornecida		2	4		6
	Total		4	16		20
compreensão	resposta parcial/ fornecida			14		14
	a resposta não é fornecida		2	42	3	47
	Total		2	56	3	61
aplicação/análise	a resposta não é fornecida			2	12	14
	Total			2	12	14

Constata-se que a maioria das perguntas do nível do “conhecimento factual” (~70%) encontra as suas respostas total ou parcialmente descritas na informação fornecida.

Nenhuma pergunta classificada no nível da compreensão encontra totalmente a sua resposta na informação fornecida. A maioria das perguntas desse nível cognitivo (~77%) não apresenta as respectivas respostas na descrição do problema, enquanto que ~23% encontram parcialmente a sua resposta na informação fornecida.

As perguntas classificadas nos níveis cognitivos mais baixos, “conhecimento factual” e “compreensão”, revelam maioritariamente uma “orientação geral” para o problema (~80% e ~92%, respectivamente).

As perguntas “não orientadas para o problema” são perguntas classificadas nos níveis cognitivos mais baixos, principalmente no nível do “conhecimento factual” (~67%) .

As questões do nível de “aplicação/análise” são maioritariamente de orientação “química” (~86%). Muitas destas questões surgiram associadas à respectiva explicação, ou possível resposta, o que ajudou a confirmar a classificação segundo o nível cognitivo e a orientação, em alguns casos.

Todas as questões classificadas no nível de “aplicação/análise” não encontram as suas respostas na informação fornecida.

1.1.2. Electrificação das nuvens: primeira avaliação formativa (2ª turma)

Na Tabela 10 são dados exemplos de perguntas e respectiva classificação segundo o nível cognitivo e a relação com a situação-problema.

Tabela 10 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema - “Electrificação das nuvens”

Nível Cognitivo	Perguntas	Relação*
Conhecimento factual (C1)	<i>Por que será que os cristais de gelo menores e mais leves colidem com os cristais de granizo?</i>	R1
	<i>É devido à maior leveza dos cristais de gelo que as nuvens ficam positivamente carregadas na sua parte superior?</i>	R2
	<i>A quantidade de cargas negativas geradas é proporcional à quantidade de cargas positivas?</i>	R2
Compreensão (C2)	<i>Há uma contínua circulação de ar? Ou os cristais sobem e mantêm-se lá?</i>	R2
	<i>Qual o processo que conduz à libertação de carga negativa dos cristais de gelo para o granizo? Quais as propriedades do cristal de gelo que permitem tal transferência?</i>	R3
	<i>Por que razão os cristais de gelo ficam carregados com carga positiva e o granizo com carga negativa após as colisões?</i>	R3
	<i>O que é que acontece após a descarga eléctrica, de que forma se voltam a organizar os cristais?</i>	R3
Aplicação ou Análise (C3)	<i>São estas colisões que dão origem aos trovões? Porque como à superfície terrestre a carga é positiva, e as nuvens tem carga negativa, existe uma atracção.</i>	R2
	<i>Por que razão o cristal de gelo quando colide com o granizo adquire carga positiva? Afinal, a constituição dum cristal de gelo e duma pedra de granizo é semelhante! Estará relacionado com o tamanho? Ou com o número de moléculas? Ou mesmo com o número de pontes de hidrogénio?</i>	R3
	<i>Há diferenças na estrutura superficial de um cristal de gelo e do granizo?</i>	R3
Síntese ou Avaliação (C4)	(não houve perguntas classificadas neste nível cognitivo)	
Outras	<i>Estas colisões só permitem a separação dos iões em pólos?</i>	

* R1: resposta totalmente fornecida na informação; R2: resposta parcialmente fornecida na informação; R3: a resposta não se encontra na informação fornecida

Na Tabela 11 são indicados o número e a percentagem de perguntas classificadas segundo o seu **nível cognitivo**.

Tabela 11 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Electrificação das nuvens”

	Frequência	Percentagem
outras	4	2.9
conhecimento factual	47	34.1
compreensão	72	52.2
aplicação/análise	15	10.9
Total	138	100.0

As perguntas foram maioritariamente do nível da “compreensão”, representando cerca de 52% do total. Estas perguntas procuraram, fundamentalmente, interpretar o fenómeno da “troca” de cargas entre os cristais aquando da colisão, especulando sobre como se processa e porque se dá a troca nesse sentido. Algumas perguntas procuraram também compreender se existe alguma relação, e qual, entre essas colisões e a origem de descargas eléctricas/relâmpagos/trovoadas.

As perguntas do nível do “conhecimento factual” representam ~34% do número total de perguntas. Estavam fundamentalmente direccionadas para a clarificação do processo de distribuição de cargas nas nuvens, procurando confirmar a sua relação com o peso/leveza dos diferentes cristais. Procuraram também confirmar se a troca de cargas se realizava apenas durante a colisão, ou se os cristais já se encontrariam carregados antes dessa ocorrência.

As perguntas consideradas de alto nível cognitivo situam-se, fundamentalmente, ao nível da aplicação de conceitos de química ou de conhecimentos prévios gerais relacionados com o fenómeno. Assim, estas questões procuraram fundamentalmente compreender quais as ligações (intermoleculares, intramoleculares, pontes de hidrogénio) que se quebram e que estão na origem da perda de carga negativa pelos cristais de gelo. Há exemplos de questões que relacionam o fenómeno descrito com a queda de precipitação (granizo), ou com a existência de cargas positivas na superfície terrestre. As perguntas formuladas a este nível correspondem a ~11% do número total de perguntas.

O número de perguntas classificadas segundo a **relação com a situação-problema** encontra-se descrito na Tabela 12.

Tabela 12 – Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema - “Electrificação das nuvens”

	Frequência	Porcentagem
outras	4	2.9
resposta total/ fornecida	9	6.5
resposta parcial/ fornecida	38	27.5
a resposta não é fornecida	87	63.0
Total	138	100.0

A maioria das perguntas formuladas (63%) não encontra a resposta na informação fornecida, enquanto que 27.5% encontram parcialmente a sua resposta. Apenas 6.5% encontram totalmente a sua resposta nos dados fornecidos.

Foram seleccionados alguns exemplos de perguntas de acordo com a sua **orientação para o problema**, apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Electrificação das nuvens”

Orientação	Perguntas
Orientação Química	<p><i>Os cristais de menores dimensões quando colidem com os de maiores dimensões perdem electrões e estes ligam-se às moléculas dos cristais de maiores dimensões? Através de que tipo de forças? E através de que fenómenos?</i></p> <p><i>As partículas ao colidirem, quebram as ligações intermoleculares ou intramoleculares? As ligações mais fortes são as intramoleculares, será que são essas que são quebradas?</i></p> <p><i>Além disso a água é um sólido molecular, não se ioniza. A carga positiva ou negativa não deverá surgir da perda de electrões. Porquê então a formação de cargas positivas e negativas?</i></p>
Orientação Geral	<p><i>Por que razão é necessário que a carga negativa esteja na parte inferior das nuvens para se formarem as trovoadas?</i></p> <p><i>Será que é por causa desta distribuição de cargas que se formam os relâmpagos?</i></p> <p><i>O sinal das partículas à superfície da Terra interfere no processo de electrificação da nuvens?</i></p>
Perguntas não orientadas para o	<p><i>Como será a constituição de uma nuvem?</i></p> <p><i>No planeta Terra há zonas com pressões atmosféricas diferentes propícias a formarem nuvens de trovoadas. Será que é possível saber onde irá ocorrer</i></p>

problema	<i>essa trovoada? Neste caso a temperatura do ar é importante?</i>
	<i>Se a corrente fosse descendente era possível acontecer o inverso?</i>

A Tabela 14 indica o número de perguntas classificadas segundo a sua orientação para o problema.

Tabela 14 – Classificação das perguntas segundo a orientação para o problema - “Electrificação das nuvens”

	Frequência	Percentagem
outras	4	2.9
não orientada para o problema	11	8.0
orientação geral	109	79.0
orientação química	14	10.1
Total	138	100.0

Verifica-se que a maioria das perguntas revelou uma orientação para aspectos gerais do problema (79%). Com uma orientação predominante para os aspectos químicos contabilizam-se ~10% das perguntas. Apenas 8% das perguntas formuladas não estavam relacionadas com aspectos relevantes do problema.

Através da análise da Tabela 15 podem identificar-se possíveis relações entre as variáveis consideradas para análise.

Tabela 15 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Electrificação das nuvens”

Nível cognitivo		Orientação			Total
		outras	sem orientação	orientação geral	orientação química
outras		4			4
conhecimento factual	resposta total/fornecida			9	9
	resposta parcial/fornecida		1	26	27
	a resposta não é fornecida		6	4	1
			7	39	1
					47
compreensão	resposta parcial/fornecida			10	10
	a resposta não é fornecida		4	55	3
			4	65	3
					72
aplicação/análise	resposta parcial/fornecida			1	1
	a resposta não é fornecida			4	10
				5	10
					15

As perguntas do nível do “conhecimento factual” encontram-se, na sua maioria, parcialmente respondidas na informação fornecida (57%).

No nível da “compreensão” verifica-se que 86% das perguntas não encontram a resposta nos dados fornecidos.

Também se constata que as perguntas de nível cognitivo mais baixo, “conhecimento factual” e “compreensão”, são orientadas fundamentalmente para aspectos gerais do problema (83% e 90%, respectivamente).

Apenas as perguntas de nível cognitivo mais baixo apresentam uma orientação para aspectos não relevantes do problema: 15% das perguntas do nível do conhecimento factual e 6% do nível da compreensão.

As perguntas de “aplicação/análise” não apresentam qualquer elemento de resposta na descrição do problema, em 93% dos casos.

Estas perguntas, de nível cognitivo superior, revelam maioritariamente uma orientação química (67%).

1.1.3. Peste do Estanho: primeira avaliação sumativa

Na Tabela 16 são fornecidos alguns exemplos de perguntas formuladas no contexto desta situação-problema e a respectiva classificação segundo o nível cognitivo e a relação com o problema.

Tabela 16 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema - “Peste do Estanho”

Nível Cognitivo	Perguntas	Relação*
Conhecimento factual (C1)	<i>Terá a temperatura alguma influência na degradação do estanho?</i>	R1
	<i>O enfraquecimento dos tubos de estanho reduz a sua capacidade acústica?</i>	R1
	<i>Esta reacção química levará à formação de alguma substância sólida no interior dos tubos para que a sua capacidade acústica diminua?</i>	R1
	<i>Quando os tubos de estanho são expostos a temperaturas baixas deterioram-se?</i>	R1
	<i>A degradação do estanho é progressiva. Mas as "peças" deste metal começam a degradar-se de fora para dentro ou vice-versa?</i>	R2
	<i>Essas alterações do estanho só se dão em climas frios?</i>	R2
	<i>Que tipo de composto é que se forma?</i>	R3
Compreensão (C2)	<i>Por que razão houve a lepra de estanho?</i>	R2
	<i>A temperatura de -18°C as ligações estabelecidas nos tubos de estanho quebram-se?</i>	R3
	<i>Por que motivo é que só as baixas temperaturas danificam o estanho?</i>	R3
	<i>Se a uma temperatura de -18°C o estanho degrada 10%, a uma temperatura mais baixa será mais rápida a sua degradação?</i>	R3
	<i>Será algum tipo de fungo ou será uma outra substância que solidifica a estas temperaturas?</i>	R3
	<i>Por que é que com o passar dos anos a deterioração se agrava progressivamente?</i>	R3
	<i>O que acontece à composição do estanho a temperaturas baixas?</i>	R3
Aplicação ou Análise (C3)	<i>Qual a razão deste material ser reduzido e não oxidado como o ferro?</i>	R3
	<i>Terão as forças intermoleculares das substâncias influência nesta degradação?</i>	R3
Síntese ou Avaliação (C4)	<i>Devido às temperaturas do norte da Europa, o que acontece às ligações intermoleculares do estanho? A maior parte dos materiais baixa a densidade quando baixa a temperatura (excepto a água) logo, uma menor densidade implica uma quebra nas ligações intermoleculares e a sua consequente degradação.</i>	R3
Outras	<i>No que implica as forças de atracção com o material e temperatura?</i>	

* R1: resposta totalmente fornecida na informação; R2: resposta parcialmente fornecida na informação; R3: a resposta não se encontra na informação fornecida

O número e percentagem das perguntas classificadas segundo o **nível cognitivo** são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Peste do estanho”

	Frequência	Percentagem
outras	2	.8
conhecimento factual	152	62.3
compreensão	74	30.3
aplicação/análise	15	6.1
síntese/avaliação	1	.4
Total	244	100.0

As perguntas formuladas em maior número (~62%) foram as de “conhecimento factual”. Estas procuravam principalmente confirmar a relação das baixas temperatura com a degradação dos tubos de estanho, ou a existência de outras condições ou factores que interferissem no processo. Pretendiam, fundamentalmente, clarificar e/ou confirmar qual o efeito da temperatura na alteração dos tubos de estanho.

Muitas das perguntas de baixo nível cognitivo são pertinentes e relevantes para a compreensão do problema, pois o conhecimento da sua resposta poderá conduzir a outro tipo de questões, possivelmente de nível cognitivo superior.

As perguntas classificadas no nível da “compreensão” representam cerca de 30% do número total. Muitas destas perguntas procuravam compreender se o processo de degradação do estanho ocorre apenas a baixas temperaturas ou se poderá acontecer em regiões com climas menos frios, num maior intervalo de tempo, ou a um ritmo mais lento. No fundo, especulavam acerca da ocorrência de “lepra do estanho” noutras condições que não as descritas, procurando conjecturar acerca das causas para tal degradação. Questionaram por vezes a influência de outros factores na degradação do estanho, como o contacto com o ar (oxidação do estanho) ou a humidade.

As perguntas classificadas nos níveis cognitivos superiores representam 6.5% do total. Apenas uma questão foi classificada no nível de “síntese/avaliação”. Estas perguntas, consideradas de nível cognitivo superior, revelaram a aplicação de conceitos, nomeadamente de oxidação-redução, procurando a sua relação com a degradação dos tubos.

Na Tabela 18 pode observar-se o número de perguntas classificadas de acordo com a **relação com a situação-problema**.

Tabela 18 – Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema - “Peste do Estanho”

	Frequência	Percentagem
outras	2	.8
resposta total/ fornecida	36	14.8
resposta parcial/ fornecida	57	23.4
a resposta não é fornecida	149	61.1
Total	244	100.0

Verifica-se que a maior parte das perguntas não encontra a sua resposta na informação fornecida (~61%). As perguntas cujas respostas se encontram parcialmente na descrição do problema representam ~23%. Apenas ~15% do número total de perguntas encontra a sua resposta na informação disponibilizada

A Tabela 19 mostra exemplos de perguntas de acordo com a sua classificação nas várias subcategorias da **orientação** para o problema.

Tabela 19 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema - “Peste do Estanho”

Orientação	Perguntas
Orientação Química	<i>Será que a disposição dos átomos de estanho no metal terão influência neste processo?</i>
	<i>A que se deve esta manifestação do estanho em climas frios? Está relacionado com a sua constituição molecular?</i>
	<i>Isto é, se o clima é muito frio será que existe uma reacção de oxidação que corrói o estanho?</i>
Orientação Geral	<i>Não poderão os órgãos levar um "banho" de uma liga metálica que evite esta degradação?</i>
	<i>As substâncias formadas necessitarão de temperaturas frias para se manterem? Ou com a alteração de temperatura a sua resistência nos tubos diminuirá?</i>
	<i>Poderemos comparar e encontrar explicações para este facto no caso da ferrugem que aparece no ferro?</i>
Perguntas não orientadas para o problema	<i>Surgirá este problema também com outros metais?</i>
	<i>Em que medida a menor temperatura afecta, em termos erosivos, os metais em geral?</i>

O número de perguntas classificadas segundo a orientação para o problema é expresso na Tabela 20:

Tabela 20 – Classificação das perguntas segundo a orientação para o problema - “Peste do Estanho”

	Frequência	Porcentagem
outras	2	.8
não orientada para o problema	22	9.0
orientação geral	188	77.0
orientação química	32	13.1
Total	244	100.0

As perguntas formuladas no contexto desta situação-problema revelaram maioritariamente uma orientação geral (77%), parecendo estar fundamentalmente direccionadas para o que era solicitado:

Formule as questões que ache pertinentes para uma melhor compreensão da “lepra do estanho”, tendo em vista o restauro destes órgãos e a resolução deste problema.

Procuraram, fundamentalmente, possíveis soluções, como a protecção do metal com algum tipo de revestimento, o aumento da temperatura no interior das catedrais ou a aplicação de produtos que retardassem o processo. Houve perguntas que questionaram também a reversibilidade do processo, ou seja, se haveria possibilidade de inverter o processo de degradação do estanho aumentando a temperatura. As respostas a essas perguntas permitiriam apenas tomar decisões relativamente à preservação e restauro dos órgãos, sem desenvolverem nenhum aspecto da compreensão do problema químico inerente à “peste do estanho”.

As perguntas consideradas com uma orientação química, representam ~13% do total, enquanto que as perguntas “não orientadas para o problema” representam 9%. Nas últimas, foi muitas vezes sugerida a utilização de outros metais, que não o estanho, na construção dos tubos dos órgãos para evitar o problema. Essas perguntas afastam-se totalmente da compreensão do problema apresentado e da sua resolução.

A Tabela 21 apresenta o número de perguntas em cada subcategoria de análise, possibilitando visualizar o cruzamento das diferentes categorias de análise.

Tabela 21 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Peste do estanho”

		Orientação				
Nível cognitivo		outras	sem orientação	orientação geral	orientação química	Total
outras	outras	2				2
conhecimento factual	resposta total/ fornecida		1	35		36
	resposta parcial/ fornecida		3	49	1	53
	a resposta não é fornecida		17	41	5	63
	Total		21	125	6	152
compreensão	resposta parcial/ fornecida			4		4
	a resposta não é fornecida		1	57	12	70
	Total		1	61	12	74
aplicação/análise	a resposta não é fornecida			2	13	15
	Total			2	13	15
síntese/avaliação	a resposta não é fornecida				1	1
	Total				1	1

Muitas perguntas do nível do **conhecimento factual** encontram as suas respostas total (24%) ou parcialmente fornecidas (35%) na informação apresentada. Uma percentagem considerável das perguntas desse nível (41%) não encontram qualquer elemento de resposta na descrição do problema.

As perguntas do nível da **compreensão** apresentam claramente respostas que não se encontram na informação fornecida (95%).

É evidente que a maioria das perguntas dos níveis cognitivos mais baixos, “conhecimento factual” e “compreensão”, revelam uma orientação geral para o problema (82% para ambos os casos). No entanto, para o nível da “compreensão” as perguntas com uma orientação química apresentam um resultado mais expressivo: 16% do número total de perguntas, para apenas 4% registados no nível do conhecimento factual.

As questões não orientadas para o problema são quase totalmente do nível do conhecimento factual (95%).

Todas as perguntas classificadas nos níveis cognitivos superiores, **aplicação/análise** e **síntese/avaliação**, não encontram as suas respostas na descrição do problema.

As perguntas que apresentam uma orientação predominantemente química são fundamentalmente de nível cognitivo superior: 87% das perguntas do nível da

aplicação/análise revelam esta tendência, assim como a única pergunta de “síntese/avaliação”.

1.1.4. Talidomida: segunda avaliação formativa

A Tabela 22 revela alguns exemplos de perguntas formuladas no contexto da situação-problema “talidomida” e a respectiva classificação segundo o **nível cognitivo** e a **relação com a situação-problema**.

Tabela 22 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema - “Talidomida”

Nível Cognitivo	Perguntas	Relação*
Conhecimento factual (C1)	<i>A talidomida, por ser uma molécula quiral, terá efeitos secundários na sua utilização? As propriedades químicas desta molécula não irão afectar o desenvolvimento de um feto?</i>	R1
	<i>Quais são os efeitos secundários do medicamento?</i>	R1
	<i>Será possível saber se as interações da talidomida no ser humano desenvolvido e no feto são as mesmas?</i>	R2
Compreensão (C2)	<i>Será que o aparecimento daquelas anomalias está relacionado com o facto de a talidomida ser uma molécula quiral? Se sim, em que medida?</i>	R2
	<i>Por que razão as malformações registadas são apenas ao nível da espinal medula e dos membros?</i>	R3
	<i>Por que razão o fármaco não teve qualquer efeito nas mulheres grávidas?</i>	R3
Aplicação ou Análise (C3)	<i>Estes efeitos secundários advêm de um mau ajuste estabelecido entre a molécula quiral e respectivos receptores aquirais/quirais?</i>	R3
	<i>Uma vez que é idêntica à estrutura do ADN algumas partes do ADN podem ser substituídas por partes da estrutura da talidomida. Isso seria possível?</i>	R3
	<i>Sabia-se que as duas formas de uma molécula quiral podem ter efeitos muito diferentes uma da outra?</i>	R3
Síntese ou Avaliação (C4)	<i>Como se sabe duas moléculas quirais, embora tenham a mesma fórmula molecular e o mesmo número de átomos têm propriedades totalmente diferentes. Como tal apenas uma pode ser útil para a saúde, mas a outra pode ser muito prejudicial. Será isto verdade?</i>	R3
	<i>Sendo a talidomida uma molécula quiral será que durante o fabrico da talidomida se fabricou tanto talidomida S como R? Se assim foi, é possível que uma delas deve ter efeito benéfico e a outra ter efeito contrário, uma vez que são moléculas quimicamente diferentes.</i>	R3
Outras	<i>Por que razão é um pentágono que faz ligação com o benzeno e não o hexágono?</i>	

* R1: resposta totalmente fornecida na informação; R2: resposta parcialmente fornecida na informação; R3: a resposta não se encontra na informação fornecida

No contexto desta situação-problema foram formuladas 393 perguntas. O grande número de perguntas poderá estar relacionado com a natureza da situação, que reflecte um grave problema de saúde pública que terá sensibilizado os alunos.

O número de perguntas em cada subcategoria para o **nível cognitivo** é indicada na Tabela 23:

Tabela 23 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Talidomida”

	Frequência	Percentagem
outras	4	1.0
conhecimento factual	171	43.5
compreensão	137	34.9
aplicação/análise	62	15.8
síntese/avaliação	19	4.8
Total	393	100.0

As perguntas classificadas no nível do “conhecimento factual” são as que surgem em maior número, representando 43,5% do total de perguntas formuladas. Estas perguntas requeriam fundamentalmente: a identificação dos efeitos secundários da talidomida durante o desenvolvimento fetal, na mulher grávida e no feto; a confirmação da fórmula de estrutura da molécula e da sua quiralidade; a identificação das partes do organismo onde actua a molécula/fármaco; a confirmação da relação entre a quiralidade da molécula e as anomalias verificadas; o conhecimento dos efeitos do medicamento quando tomado por mulheres não grávidas; a confirmação das interacções do medicamento na mãe e no feto.

As perguntas classificadas no nível da “compreensão” representam ~35% do total. Estas procuraram, de uma maneira geral, perceber o mecanismo de actuação da talidomida no corpo humano, no caso da mulher grávida e no feto, questionando a razão pela qual os efeitos apenas se verificaram no feto. Procuraram também estabelecer relações de causalidade entre a quiralidade da molécula e as malformações verificadas, compreender o tipo de interacções entre as moléculas de talidomida e o corpo humano e também a razão de ser das zonas corporais afectadas. Algumas especularam acerca de alterações genéticas induzidas no feto.

De sublinhar o acréscimo verificado no número de perguntas de alto nível cognitivo, relativamente às situações anteriores, com 62 perguntas formuladas ao nível da “aplicação/análise” e 19 ao nível da “síntese/avaliação”, representando no total ~21% das perguntas.

As perguntas de “aplicação e/ou análise” demonstraram, quase na totalidade, a utilização de conhecimentos relacionados com a quiralidade de moléculas (carbono assimétrico, moléculas não sobreponíveis com a sua imagem num espelho, receptores quirais e aquirais). Estas perguntas reconheceram muitas vezes a existência dos enantiómeros da molécula (R e S). Algumas revelaram conhecimentos do domínio da Biologia, principalmente ao nível da estrutura da molécula de DNA, procurando esclarecer possíveis interacções com a molécula de talidomida.

As questões classificadas no nível de “síntese e/ou avaliação” estabelecem hipóteses explicativas para o problema com base nos conhecimentos prévios. Assim, de uma maneira geral, identificam os enantiómeros R e S com funções específicas e distintas no organismo: um com a função de combater as insónias e enjoos matinais e o outro responsável pelas malformações no feto. Outro tipo de hipóteses sugeridas estão relacionadas com a interacção entre o fármaco e o DNA do feto, ao nível molecular.

Na resolução deste problema, muitos alunos expressaram opiniões pessoais no que concerne à administração de medicamentos a mulheres grávidas e ao tipo de investigação que deveria ter sido realizada no sentido de evitar o desastre. Houve, no entanto, casos que não demonstraram ter atingido o nível cognitivo da “síntese e/ou avaliação”. Como tal, essas perguntas foram classificadas em níveis cognitivos inferiores. São disso exemplo as seguintes perguntas:

- *Tendo-se descoberto que a molécula quiral talidomida ($C_3H_{10}N_2O_4$) podia intervir no tratamento de distúrbios do sono e no enjoo matinal, porque é que não supuseram que este medicamento seria prejudicial para a mãe e que poderia ter efeitos secundários indesejáveis ao fim de algum tempo?*

- *O facto de o fármaco ser específico para grávidas, não seria de levar a uma investigação mais aprofundada deste?*

- Saber se o medicamento foi antes da sua utilização testado o suficiente para ser posto no mercado para consumo?

Os resultados da classificação das perguntas segundo a **relação com a situação-problema** encontram-se expressos, em termos do seu número e percentagem, na Tabela 24:

Tabela 24 – Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema - “Talidomida”

	Frequência	Percentagem
outras	4	1.0
reposta total/ fornecida	50	12.7
reposta parcial/ fornecida	65	16.5
a resposta não é fornecida	274	69.7
Total	393	100.0

O maior número de perguntas está associado a respostas que não se encontram na informação fornecida (~70%), enquanto que ~17% das perguntas encontram a resposta de uma forma implícita ou parcial na informação. As perguntas cujas respostas se encontram totalmente fornecidas na descrição do problema representam ~13% do total de perguntas.

A classificação das perguntas de acordo com a sua **orientação** para o problema permitiu seleccionar alguns exemplos, sistematizados na Tabela 25:

Tabela 25 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema e o nível cognitivo – “Talidomida”

Orientação	Perguntas
Orientação Química	<i>O receptor é quirál ou aquiral?</i>
	<i>Foram diferenciadas as duas fórmulas de estrutura R e S?</i>
	<i>Antes de lançar o medicamento, então, não será conveniente antes testar (primeiro em animais e depois em humanos) ambas as moléculas quirais em separado? Se as duas forem testadas em simultâneo a percentagem de erro é muito maior. Porque não testar uma por vez?</i>
Orientação Geral	<i>Será que a talidomida ao ser administrada por mulheres grávidas como meio de tratar as insónias e o enjoo matinal, não vai provocar nenhum efeito secundário?</i>
	<i>Qual a razão de prejudicar o desenvolvimento fetal e não haver deformação na</i>

	<i>mulher grávida?</i>
	<i>As malformações registadas (em mais de 10000 casos, como nos é dito na introdução) ocorreram ao nível da espinal medula e dos membros. Pela imagem é possível ver que estas malformações estão relacionadas com o desenvolvimento da espinal medula e o crescimento dos membros. Em Biologia poderia explicar-se este facto pela não ocorrência das divisões celulares (mitose e meiose). Assim, será que este fármaco impede que as divisões celulares ocorram?</i>
Perguntas não orientadas para o problema	<i>Se era usado no tratamento de enjoos matinais e insónias, era apenas este fármaco o utilizado? Ou a sua aplicação com outros poderia causar alterações ao nível molecular da talidomida?</i>
	<i>Donde vem o nome "talidomida"?</i>

O número de perguntas, e respectiva percentagem, de acordo com essa classificação são referidos na Tabela 26.

Tabela 26 – Número de perguntas classificadas segundo a orientação para o problema -“Talidomida”

	Frequência	Percentagem
outras	4	1.0
não orientada para o problema	18	4.6
orientação geral	220	56.0
orientação química	151	38.4
Total	393	100.0

A maioria das perguntas revela uma orientação geral para o problema, representando 56% do total de perguntas.

É importante salientar, mais uma vez, que esta situação-problema se enquadra num contexto muito específico e distinto das outras situações. Ao longo da análise destas perguntas foi-se tornando evidente que as preocupações dos alunos se centravam principalmente nas consequências da administração deste fármaco, na mulher e no feto, mais do que na compreensão e resolução do problema químico subjacente.

A forma como foi solicitado aos alunos que formulassem as perguntas poderá também ter influenciado a esse nível. Era pedido que fosse assumido o papel de um investigador na década de 50, e que fossem formuladas questões que pudessem ter contribuído para evitar o desastre causado. Neste contexto, muitas das perguntas de baixo nível cognitivo, e cujas respostas se encontram na informação disponibilizada, adquirem alguma

relevância. Muitos alunos fizeram considerações acerca da pertinência do levantamento dessas perguntas antes da administração do fármaco em humanos e sobretudo em mulheres grávidas, emitindo opiniões e juízos de valor sobre as precauções que deveriam ter sido tomadas. Demonstraram, inclusivamente, o conhecimento das respostas às perguntas que formularam.

Apesar disso, houve um número significativo de perguntas (~38%) com uma orientação para os aspectos químicos do problema (Tabela 26). A percentagem de perguntas não direccionadas para o problema assume pouca relevância, com menos de 5% das perguntas formuladas.

A Tabela 27 reflecte o cruzamento dos resultados obtidos da classificação das perguntas nas três categorias de análise.

Tabela 27 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Talidomida”

		Orientação				
Nível cognitivo		outras	sem orientação	orientação geral	orientação química	Total
outras	outras	4				4
conhecimento factual	resposta total/ fornecida		3	45	2	50
	resposta parcial/ fornecida			32	3	35
	a resposta não é fornecida		13	66	7	86
	Total		16	143	12	171
compreensão	resposta parcial/ fornecida			17	10	27
	a resposta não é fornecida		2	55	53	110
	Total		2	72	63	137
aplicação/análise	resposta parcial/ fornecida				3	3
	a resposta não é fornecida			3	56	59
	Total			3	59	62
síntese/avaliação	a resposta não é fornecida			2	17	19
	Total			2	17	19

Pode constatar-se que cerca de 50% das perguntas do nível do **conhecimento factual** encontram total ou parcialmente as suas respostas na informação fornecida.

Parece que este facto estará associado à natureza da situação e também à solicitação da formulação de questões de investigação que contribuíssem para evitar o desastre

causado na década de 50. Como foi já referido, muitos alunos demonstraram conhecer as respostas às perguntas que formularam a partir das explicações fornecidas. A utilidade destas perguntas verificar-se-ia numa situação de avaliação anterior à administração do fármaco e ao conhecimento das consequências da sua administração.

As perguntas deste nível cognitivo revelaram, maioritariamente (84%), uma orientação geral para o problema.

As perguntas classificadas no nível da **compreensão**, de uma forma geral, não encontram a resposta na informação que é fornecida (80%).

De salientar que o número de perguntas deste nível cognitivo que revelaram uma orientação geral (53%) surge num valor muito próximo das que demonstraram uma orientação química (46%).

Para os níveis cognitivos superiores, **aplicação e/ou análise e síntese e/ou avaliação**, é evidente a forte associação com uma orientação química (94%) e com respostas não fornecidas na informação (96%).

1.1.5. Feromonas: segunda avaliação sumativa

No contexto desta situação-problema foram formuladas 368 perguntas. Foram seleccionadas algumas de acordo com a sua classificação no nível cognitivo e relação com a situação-problema, descritas na Tabela 28.

Tabela 28 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema - “Feromonas”

Nível Cognitivo	Perguntas	Relação*
Conhecimento factual (C1)	<i>Que feromonas específicas são libertadas por estes insectos? Ou seja, que composto químico?</i>	R1
	<i>Quais as consequências, isto é, efeitos secundários, produzidos por essa mesma substância no meu pomar?</i>	R2
	<i>A distribuição uniforme das feromonas pela área do pomar não constitui um perigo devido a aumentar a sua concentração no ar?</i>	R2
	<i>As feromonas libertadas são mesmo iguais às das fêmeas dos insectos? Ou fazem mal ao ambiente ?</i>	R2
	<i>A armadilha de feromonas só ilude (captura) uma determinada espécie de insectos ?</i>	R3
	<i>A concentração das moléculas é importante, logo os difusores deveriam conseguir manter essa concentração. Qual seria a quantidade de hormonas a usar de modo a que a concentração</i>	R3

	<i>fosse a ideal durante o maior período de tempo?</i>	
Compreensão (C2)	<i>Será que o facto do bichado da fruta, <i>Cydia pyrivora</i>, ser uma praga apenas específica das pereiras, deve-se à sua ligação -ol?</i>	R2
	<i>Será possível iludir ambas as espécies com um híbrido sintetizado a partir das duas feromonas?</i>	R3
	<i>Se se juntar os dois tipos de feromonas numa só "armadilha" não existirá a possibilidade de ambas se formarem uma só molécula e alterar o seu efeito?</i>	R3
Aplicação ou Análise (C3)	<i>Estes insectos só produzem moléculas "trans"? Ou produzem também "cis"? Se produzem qual o efeito dessas moléculas?</i>	R3
	<i>Dado serem isómeros funcionais, como se comportam quando se encontram as 2 feromonas presentes?</i>	R3
Síntese ou Avaliação (C4)	<i>Não seria possível utilizar as formas cis destes compostos para servirem como antídoto para estes animais? Talvez fosse possível que com este composto (cis) fosse talvez aplicável de modo a incapacitar estes animais a terem o "apetite sexual" quando sentem a presença das feromonas libertadas pelo sexo oposto.</i>	R3
Outras	<i>Como é que a molécula se comporta com a presença de substância química a qual foi juntada ?</i>	

* R1: resposta totalmente fornecida na informação; R2: resposta parcialmente fornecida na informação; R3: a resposta não se encontra na informação fornecida

Na Tabela 29 apresenta-se o número de perguntas, e respectivas percentagens, para cada subcategoria do **nível cognitivo**.

Tabela 29 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Feromonas”

	Fre quência	Percentagem
outras	7	1.9
conhecimento factual	232	63.0
compree nsão	85	23.1
aplicaçã o/análise	38	10.3
síntese/avaliação	6	1.6
Total	368	100.0

As perguntas classificadas no nível do “conhecimento factual” ocorreram em maior número, representando 63% do número total.

Estas perguntas revelaram, fundamentalmente, aspectos de natureza prática, sendo em alguns casos perguntas pertinentes atendendo ao que é solicitado no problema: a formulação de perguntas que conduzam a uma tomada de decisão relativamente ao tipo de substâncias a aplicar nos pomares. Foi questionado com frequência quais as árvores de fruto que deveriam considerar existir no pomar e consequentemente quais as espécies de bichado que o atacavam. A resposta a estas perguntas permitiria auxiliar na

identificação da feromona a utilizar. Outras perguntas procuraram confirmar as espécies que são atraídas por cada feromona. Muitas revelaram preocupações relativamente a eventuais efeitos secundários que advêm da aplicação de feromonas, tanto ao nível das árvores de fruto, como da saúde dos agricultores e das pessoas e outros seres vivos que com elas contactassem. Questionaram também acerca da eficácia deste tratamento e se constituiria a melhor solução para a protecção dos pomares. Outras perguntas foram acerca da actuação das feromonas, da concentração que deveria ser utilizada, do tempo de permanência no “ar”, dos locais em que deveriam ser colocadas as armadilhas, do custo desses materiais e da síntese de feromonas em laboratório, todas relacionadas com aspectos práticos da utilização desta técnica.

Apesar de consideradas num nível cognitivo baixo, muitas dessas perguntas são consideradas relevantes no contexto em que foram formuladas, pois permitiriam auxiliar numa correcta e fundamentada tomada de decisão.

As perguntas classificadas no nível da “compreensão” representam ~23% do número total de perguntas. Revelaram, normalmente, uma tentativa de interpretação do mecanismo de actuação das duas feromonas, especulando, por vezes, acerca de qual seria mais eficaz. Procuraram, também, compreender se cada feromona seria realmente específica para cada espécie de insectos ou se poderiam desempenhar algum efeito na espécie afim (por exemplo, se as duas feromonas combinadas poderiam provocar um efeito “repelente”). Especularam ainda sobre outros processos, que não a ‘confusão sexual’, que eventualmente permitissem um melhor controlo das duas pragas.

Foram formuladas 38 perguntas no nível da “aplicação e/ou análise”, constituindo ~10% do número total. A grande maioria destas questões relacionou conhecimentos de química, fundamentalmente sobre o isomerismo das moléculas apresentadas. Embora tenham sido consideradas no nível da aplicação, algumas perguntas utilizaram esses conhecimentos de uma forma incorrecta. No entanto, não foi realizada uma análise do seu conteúdo que permitisse fazer uma discriminação a esse nível. Muitas interpretaram correctamente as fórmulas de estrutura, identificando o isomerismo geométrico. As perguntas deste nível cognitivo revelaram várias considerações relativamente ao tipo de isómeros, relacionando-os com possíveis efeitos nas espécies. Especularam, também, sobre a utilização de outros isómeros das moléculas e das suas implicações na técnica da ‘confusão sexual’.

A classificação das perguntas segundo a **relação com a situação-problema** é apresentada na Tabela 30 :

Tabela 30 - Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema - “Feromonas”

	Frequência	Porcentagem
outras	7	1.9
resposta total/ fornecida	55	14.9
resposta parcial/ fornecida	104	28.3
a resposta não é fornecida	202	54.9
Total	368	100.0

É evidente que a maioria das perguntas formuladas não encontra a sua resposta na informação que é fornecida no enunciado do problema (~55%). Para ~28% das perguntas é possível encontrar a sua resposta parcial ou implicitamente na informação fornecida. Apenas para ~15% das perguntas se encontra totalmente as suas respostas na descrição do problema.

Na Tabela 31 são fornecidos alguns exemplos de perguntas, formuladas no contexto da situação-problema “feromonas”, de acordo com a sua **orientação**.

Tabela 31 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Feromonas”

Orientação	Perguntas
Orientação Química	<i>As características dos compostos são diferentes porque diferem de um grupo (trans)?</i> <i>Qual o papel do grupo funcional álcool (R-OH) e o grupo funcional éster (R-C-2OR') têm na feromona sexual dos insectos?</i>
Orientação Geral	<i>A substância química introduzida no difusor de feromonas será a mesma ou semelhante à do feromonas dos insectos?</i> <i>Supondo que existe a predominância de uma das espécies seria a aconselhável aumentar a feromona correspondente ou pelo contrário dever-se-ia aumentar a outra (tendo em conta que o objectivo é apanhar o número máximo de insectos)?</i>
Perguntas não orientadas para o problema	<i>Sabendo que existem diferentes tipos de feromonas, qual será a diferença entre as feromonas de perigo, de alarme e rasto? Se esses tipos de feromonas são distinguidas pelos insectos, qual será a constituição de cada uma delas?</i> <i>Como é feita a produção das feromonas pelos insectos? Na mesma linha, como é feita a captação das mesmas?</i>

O número e percentagem das perguntas, de acordo com essa classificação, são apresentados na Tabela 32:

Tabela 32 – Classificação das perguntas segundo a orientação para o problema -“Feromonas”

	Frequência	Percentagem
outras	7	1.9
não orientada para o problema	26	7.1
orientação geral	251	68.2
orientação química	84	22.8
Total	368	100.0

É evidente que a maioria das perguntas revelou uma orientação para os aspectos gerais do problema (~68%).

Parece, mais uma vez, que essa orientação poderá eventualmente estar relacionada com a forma como foi solicitado aos alunos a resolução do problema. Como foi já referido, em muitos casos demonstraram assumir o papel de agricultor biológico e as respostas às perguntas formuladas seriam importantes no sentido de uma tomada de decisão.

O número de perguntas que revelam uma orientação química representa ~23% do total. As perguntas não orientadas para o problema representam apenas ~7% do número total de perguntas.

A Tabela 33 permite verificar o cruzamento dos resultados, nesta situação-problema, entre as três categorias de análise.

Tabela 33 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Feromonas”

		Orientação				
Nível cognitivo		outras	sem orientação	orientação geral	orientação química	Total
outras	outras	7				7
conhecimento factual	resposta total/fornecida			45	7	52
	resposta parcial/fornecida		3	67	7	77
	a resposta não é fornecida		14	86	3	103
	Total		17	198	17	232
compreensão	resposta total/fornecida				3	3
	resposta parcial/fornecida		1	12	5	18
	a resposta não é fornecida		8	41	15	64
	Total		9	53	23	85
aplicação/análise	resposta parcial/fornecida				9	9
	a resposta não é fornecida				29	29
	Total				38	38
síntese/avaliação	a resposta não é fornecida				6	6
	Total				6	6

A maioria das perguntas do nível do **conhecimento factual** não apresenta a sua resposta na informação disponibilizada (44%). Por outro lado, 33% das perguntas encontram uma resposta parcial, enquanto que 22% encontram as suas respostas totalmente fornecidas na informação.

As perguntas neste nível cognitivo revelaram, principalmente, uma orientação geral (85%), sendo que apenas 7% das perguntas apresentaram uma orientação para aspectos químicos do problema. O mesmo valor (7%) é verificado para perguntas não orientadas para o problema.

No nível da **compreensão**, as perguntas revelaram fundamentalmente uma orientação geral (62%), enquanto que 27% das perguntas apresentaram uma orientação química. As perguntas não orientadas para o problema representam 11% do total.

As perguntas classificadas neste nível cognitivo não encontram, de uma forma geral, as suas respostas na informação fornecida (75%). Apenas para 4% das perguntas é possível encontrar totalmente a sua resposta na descrição do problema.

As perguntas correspondentes aos níveis cognitivos superiores, **aplicação e/ou análise e síntese e/ou avaliação**, revelaram na sua totalidade uma orientação química.

As respostas às perguntas do nível da aplicação e/ou análise que não se encontram na informação fornecida representam 76%. As restantes perguntas (24%) apresentam parcial ou implicitamente as suas respostas na descrição do problema.

A totalidade das perguntas do nível de síntese e/ou avaliação não encontram as suas respostas na informação fornecida.

1.2. Química II: segundo semestre

1.2.1. Chapim real: primeira avaliação formativa

Foram seleccionadas algumas perguntas, formuladas no contexto desta situação-problema, de acordo com a sua classificação no nível cognitivo e relação com a situação-problema. Esses exemplos encontram-se na Tabela 34.

Tabela 34 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema - “Chapim real”

Nível Cognitivo	Perguntas	Relação*
Conhecimento factual (C1)	<i>A escassez de caracóis terá influência nos ovos?</i>	R1
	<i>A escassez de caracóis esta directamente relacionada com a utilização de DDT?</i>	R1
	<i>Qual a substância química presente no DDT que é nociva aos caracóis?</i>	R3
Compreensão (C2)	<i>Por que é que a fonte de cálcio dos chapins, as conchas de caracóis entraram em decadência? Não terá havido aqui alguma substância química que tivesse acabado com o nº de caracóis? Ou algum fenómeno que terá causado alguma diferença na composição química das conchas de caracóis.</i>	R3
	<i>Por outro lado, a poluição atmosférica tem vindo a aumentar, devido ao uso excessivo de pesticidas, provocando algum tipo de anomalia na constituição dos pássaros, provocando assim a fragilidade dos ovos?</i>	R2
	<i>Como na década de 60 e 70 a utilização de DDT havia causado o mesmo problema nos ovos, será que este problema não se pode considerar hereditário? Uma ave poderia fazer criação com os ovos anormais?</i>	R3
Aplicação ou Análise (C3)	<i>Durante o processo de metabolismo no organismo dos passaros será que nao ocorre alguma reacção de oxidação-redução que faz com que percam calcio do organismo, tendo em conta outras transformações ocorridas no organismo?</i>	R3
	<i>O cálcio presente na casca dos ovos pode estar a sofrer oxidação, mas quem será o oxidante? Por que será que isto acontece? Vejamos o exemplo do ferro: quando se oxida começa</i>	R3

	<i>a "desintegrar-se". Neste caso a casca está a ficar fina e porosa, ou seja, pode estar a sofrer uma oxidação, mas causada por quê?</i>	
Síntese ou Avaliação (C4)	<i>Poderá o DDT reagir com o cálcio numa reacção ácido-base de Lewis, por exemplo formando um composto que impossibilitasse a dissociação do cálcio e consequentemente a sua deposição nas conchas/cascas de ovos?</i>	R3
	<i>Ou será as chuvas as causadoras? Pois o cálcio em contacto com a água é facilmente oxidado, devido ao seu potencial redutor ser inferior ao da água das chuvas fazendo com que as cascas dos ovos fique sem uma boa quantidade de cálcio ficando com cascas anormalmente finas e porosas. Será que as chuvas têm um pH ácido pois assim ajudaria na oxidação do cálcio?</i>	R3

* R1: resposta totalmente fornecida na informação; R2: resposta parcialmente fornecida na informação; R3: a resposta não se encontra na informação fornecida

O número de perguntas classificadas em cada uma das subcategorias para o **nível cognitivo**, é indicado na Tabela 35.

Tabela 35 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Chapim real”

	Frequência	Porcentagem
outras	3	.7
conhecimento factual	204	48.9
compreensão	183	43.9
aplicação/análise	19	4.6
síntese/avaliação	8	1.9
Total	417	100.0

Do total de perguntas formuladas ~49% correspondem ao nível do **conhecimento factual**. As perguntas classificadas nesta subcategoria procuraram principalmente confirmar se:

- a escassez de caracóis era a causa das malformações dos ovos,
- a alimentação do chapim real teve influências nos ovos;
- os caracóis eram a única fonte de cálcio;
- o problema de 1989 estava relacionado com o que aconteceu nas décadas de 60 e 70 (se a escassez de caracóis se deveu à utilização de DDT).

O número de perguntas classificadas no nível da **compreensão** também foi elevado (~44%). Estas perguntas revelaram, principalmente, a tentativa de interpretação do fenómeno da diminuição do número de caracóis no ano de 1989, “Como e porquê o

número de caracóis diminuiu?”, muitas vezes especulando acerca das possíveis causas para o fenómeno.

Neste nível, foram também consideradas as perguntas que especularam acerca das repercussões do pesticida DDT e do seu impacto no ecossistema, que consideraram a sua actuação indirecta e os seus efeitos a longo prazo nas populações de caracóis e de chapim real. Algumas perguntas sugeriram a hipótese de o DDT ter provocado alterações genéticas na população de chapim real nas décadas de 60 e 70 que, transmitidas à descendência, continuariam a manifestar-se na população de chapins de 1989. Estas hipóteses não consideraram, portanto, a informação relevante de que o problema se deve a uma ingestão deficiente de cálcio devida à falta de caracóis.

Houve perguntas que procuraram informação relacionada com o mecanismo de actuação do DDT e com o tipo de reacções desencadeadas com o cálcio.

Na tentativa de explicar a escassez de caracóis, algumas perguntas especularam também sobre possíveis alterações ambientais e no ecossistema, referindo-se à poluição, em termos gerais, à presença de poluentes (pesticidas ou outros, tóxicos ou não tóxicos, compostos com mecanismos de actuação semelhantes ao DDT), a alterações do pH, a doenças dos próprios caracóis ou a possíveis predadores dos caracóis.

As perguntas de alto nível cognitivo foram menos representativas, sendo que o nível da **aplicação e/ou análise** registou ~5% das perguntas e o nível de **síntese e/ou avaliação** apenas ~2% do total de perguntas formuladas.

As questões do nível da aplicação e/ou análise integraram conhecimentos de química, nomeadamente de ácido-base e oxidação-redução, ou outros saberes no estabelecimento de relações com o problema.

As questões classificadas no nível cognitivo mais elevado foram questões maioritariamente de **avaliação** das evidências e preocupação na resolução do problema ambiental.

A classificação das perguntas segundo a **relação com a situação-problema** é expressa na Tabela 36, apresentando-se a frequência e percentagem de perguntas em cada subcategoria.

Tabela 36 – Número de perguntas classificadas segundo a relação com a situação-problema - “Chapim real”

	Frequência	Porcentagem
outras	3	.7
resposta total/ fornecida	47	11.3
resposta parcial/ fornecida	139	33.3
a resposta não é fornecida	228	54.7
Total	417	100.0

Verifica-se que a maior parte das perguntas não encontra a sua resposta na informação fornecida (~55%), e que ~33% poderia ver as suas respostas parcialmente respondidas através da informação que é disponibilizada. Apenas ~11% das perguntas encontram a sua resposta totalmente fornecida na informação.

Tornou-se fundamental verificar o que era especificamente solicitado aos alunos, face ao problema em questão, para classificar as perguntas segundo a sua **orientação**. O enunciado do problema apresentava as seguintes indicações de resolução:

Formule questões cujas respostas não se encontrem na informação fornecida e que lhe permitam obter informações relevantes que conduzam à compreensão do problema apresentado. Explique por que razão/ões formulou cada questão”

Foram, então, consideradas na subcategoria “orientação geral” as perguntas que:

- utilizaram a informação do DDT como a possível causa do problema em 1989 (embora sejam perguntas que revelam uma análise incompleta da informação, as suas respostas ajudariam a clarificar e compreender determinados aspectos do problema apresentado);
- consideraram a ausência de DDT, ou de outros insecticidas tóxicos, em 1989, mas especularam acerca da sua permanência no ecossistema e das repercussões no ambiente em geral e nas populações de caracóis e de chapim real (considerando até alterações a nível genético);
- estabeleceram analogias entre a situação nas décadas de 60 e 70 e o problema em 1989;
- assumiram a presença de insecticidas não tóxicos.

Na subcategoria “orientação química” foram classificadas as perguntas que:

- integraram aspectos de química, tentando relacioná-los com o problema, nomeadamente perguntas que procuraram conhecer o valor do pH, ou que especularam acerca do tipo de reacções que poderiam ocorrer com o cálcio, nomeadamente de oxidação-redução e de ácido-base.

As perguntas foram consideradas “sem orientação” quando:

- faziam considerações ou procuravam clarificar aspectos do problema das décadas de 60 e 70;
- especulavam acerca da falta de outros nutrientes, que não o cálcio, tentando relacioná-los com os problemas dos ovos;
- procuravam saber que alimentos alternativos poderia o chapim real utilizar para superar a deficiente nutrição em cálcio, provocada pela diminuição de caracóis.

Alguns exemplos de perguntas classificadas segundo esses critérios são indicados na Tabela 37.

Tabela 37 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Chapim real”

Orientação	Perguntas
Orientação Química	<i>Sob que forma está o cálcio normalmente presente nas cascas das conchas? Ca? Ca^{2+} ?</i>
	<i>Quais as modificações observadas, tanto na estrutura da casca do ovo como na sua composição? O que ocorria às moléculas?</i>
	<i>O pH do meio envolvente (solo e água) pode estar diferente dos seus valores aceitáveis conduzindo a alterações na casca, será esta uma hipótese a considerar?</i>
Orientação Geral	<i>Qual é o relacionamento entre o desaparecimento de caracóis e a falta de cálcio?</i>
	<i>Existirá alguma substância que funcione como o DDT no meio ambiente?</i>
	<i>Será que os problemas ambientais não têm nada a ver com o problema em questão? Sabe-se que a poluição urbana pode viajar através das chuvas, e visto a Holanda ser um país de alguma pluviosidade, então os ovos poderão de alguma forma estar a ser afectados por estas mesmas, visto a casca ser rica em cálcio.</i>
Perguntas não orientadas para o problema	<i>Que outras fontes de cálcio poderia ter o chapim?</i>
	<i>Até que ponto não terão morrido pessoas devido a insecticidas?</i>
	<i>Ao haver escassez de caracóis, o chapim real não irá buscar o cálcio a outro tipo de alimento?</i>

O número de perguntas de acordo com essa classificação é apresentado na Tabela 38.

Tabela 38 - Classificação das perguntas segundo a orientação para o problema - “Chapim real”

	Frequência	Percentagem
outras	3	.7
não orientada para o problema	119	28.5
orientação geral	270	64.7
orientação química	25	6.0
Total	417	100.0

O maior número de perguntas regista-se para a “orientação geral”, com ~65% do total de perguntas. Com uma orientação química registaram-se apenas 6% das perguntas. Um número significativo de perguntas revelou uma orientação para aspectos não relevantes do problema (~29%).

A Tabela 39 revela os resultados da classificação das perguntas segundo as três categorias de análise e o cruzamento entre elas.

Tabela 39 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Chapim real”

		Orientação			
Nível cognitivo		outras	sem orientação	orientação geral	orientação química
outras	outras	3			
conhecimento factual	resposta total/ fornecida		8	39	
	resposta parcial/ fornecida		30	60	
	a resposta não é fornecida		57	8	2
	Total		95	107	2
compreensão	resposta parcial/ fornecida		4	44	
	a resposta não é fornecida		16	116	3
	Total		20	160	3
aplicação/análise	resposta parcial/ fornecida				1
	a resposta não é fornecida			3	15
	Total			3	16
síntese/avaliação	a resposta não é fornecida		4		4
	Total		4		4

Considerando as perguntas do nível do **conhecimento factual**, verifica-se que a maior parte pode ser parcialmente respondida através da informação fornecida (44%), enquanto que 33% das perguntas não encontram a sua resposta na descrição do problema. As perguntas cujas respostas se encontram totalmente na informação fornecida representam 23% do número total de perguntas.

As perguntas deste nível cognitivo foram maioritariamente de orientação geral, ou não orientadas para o problema (52% e 47%, respectivamente). Apenas 1% das perguntas revelaram uma orientação química.

Verifica-se que as respostas às perguntas de **compreensão** não se encontram na informação fornecida (74%) ou encontram-se apenas de uma forma parcial ou implícita na informação fornecida (26%).

A sua orientação foi maioritariamente para os aspectos gerais do problema (87%), enquanto que 11% foram consideradas não orientadas para o problema. Apenas 2% das perguntas revelaram uma orientação química.

As respostas às perguntas de alto nível cognitivo não se encontram na informação fornecida, com excepção de apenas uma pergunta, do nível da aplicação e/ou análise, que encontra parcialmente a sua resposta na descrição do problema.

No nível da **aplicação e/ou análise** as perguntas revelam maioritariamente uma orientação química (84%). Apenas 16% das perguntas apresentam uma orientação geral.

As perguntas classificadas no nível de **síntese e/ou avaliação** dividem-se igualmente entre perguntas com uma orientação química e perguntas não orientadas para o problema. Estas últimas, revelaram, fundamentalmente, preocupações ao nível das repercussões no ecossistema e da preservação das espécies e que conduziriam a acções ou decisões no sentido de minimizar o problema ambiental.

De salientar que cerca de 35% das perguntas formuladas relacionaram a utilização de DDT com o problema ambiental descrito em 1989. Verificou-se que essa relação se estabeleceu independentemente do nível cognitivo das perguntas ou da sua orientação. Este facto poderá estar relacionado com alguma dificuldade na leitura e interpretação da informação fornecida, assim como na selecção da informação relevante para a compreensão e resolução do problema.

1.2.2. Coração de mercúrio: primeira avaliação sumativa

As perguntas seleccionadas no contexto desta situação-problema encontram-se organizadas na Tabela 40 de acordo com o seu nível cognitivo e relação com a situação-problema.

Tabela 40 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema – “Coração de mercúrio”

Nível Cognitivo	Perguntas	Relação*
Conhecimento factual (C1)	<i>Será que quando se deixa de adicionar ácido sulfúrico a gota de mercúrio deixa de oscilar?</i>	R1
	<i>O contacto com a ponta fina de ferro contribui para esta oscilação?</i>	R2
	<i>A concentração de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{(2-)}$ influenciará a experiência?</i>	R3
Compreensão (C2)	<i>Tendo em conta que a gota de mercúrio mergulhada na solução contendo dicromato de potássio se encontra "parada", mesmo na presença do ferro, será que o mercúrio na presença do ferro não reage?</i>	R2
	<i>Será que o ácido sulfúrico chega a reagir com a gota de mercúrio? Caso seja verdade, que tipo de reacção se forma?</i>	R3
	<i>Qual a razão para quando adicionado o ácido sulfúrico, perca o contacto com a ponta fina de ferro?</i>	R3
Aplicação ou Análise (C3)	<i>Sabemos também que ao haver oscilação na gota de mercúrio ela vai ter um movimento de contracção (em que toma a forma quase esférica e perde o contacto com a ponta de ferro) os movimentos de distensão (em que adquire a forma oval, voltando a tocar a ponta de ferro). Será que o ferro faz com que haja oscilações na gota de mercúrio com a diminuição de pH? Pois o poder de redução do ferro é relativamente baixo.</i>	R3
	<i>De que maneira está associado as duas vibrações de contracção e de distensão com a transferência de electrões e, implicitamente, com as reacções de oxidação e redução?</i>	R3
Síntese ou Avaliação (C4)	<i>Quais os E° do mercúrio e do ácido sulfúrico? Caso o E° do ácido sulfúrico seja maior que o E° do mercúrio a seguinte experiência poderá funcionar como uma célula electroquímica na qual o mercúrio se oxidava cedendo electrões ao ácido sulfúrico e a solução de dicromato de potássio funcionava como ponte salina. Para comprovar esta minha teoria poderíamos em vez de adicionar ácido sulfúrico, adicionar H_2 gasoso, caso não houvesse qualquer oscilação do mercúrio estava comprovado o comportamento da reacção.</i>	R3
Outras	<i>Em que momento é que há alterações dos movimentos da gota?</i>	

* R1: resposta totalmente fornecida na informação; R2: resposta parcialmente fornecida na informação; R3: a resposta não se encontra na informação fornecida

O número de perguntas classificadas nas várias subcategorias para o **nível cognitivo**, encontra-se sistematizado na Tabela 41.

Tabela 41 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Coração de mercúrio”

	Frequência	Percentagem
outras	3	.7
conhecimento factual	137	33.5
compreensão	215	52.6
aplicação/análise	42	10.3
síntese/avaliação	12	2.9
Total	409	100.0

Foram formuladas 409 perguntas no contexto desta situação-problema. Verifica-se que o maior número correspondeu ao nível da compreensão, representando cerca de 53% do total. As perguntas que apelaram ao conhecimento factual representam cerca de 34%. Desta forma, ~86% do número total de perguntas representam os níveis cognitivos mais baixos.

As perguntas de alto nível cognitivo são mais representativas para o nível da “aplicação e/ou análise”, com ~10% do total de perguntas. As perguntas classificadas na subcategoria de “síntese e/ou avaliação” correspondem apenas a ~3%.

A classificação das perguntas na categoria da **relação com a situação-problema** é apresentada na Tabela 42, em termos do seu número e respectivas percentagens, para cada subcategoria de análise.

Tabela 42 – Número de perguntas classificadas segundo a relação com a situação-problema - “Coração de mercúrio”

	Frequência	Percentagem
outras	3	.7
resposta total/ fornecida	6	1.5
resposta parcial/ fornecida	38	9.3
a resposta não é fornecida	362	88.5
Total	409	100.0

A maioria das perguntas não encontra a respectiva resposta na informação fornecida (~89%). As perguntas cujas respostas se encontram parcialmente fornecidas representam ~9% do total. Pouco significativo é o número de perguntas que encontra totalmente as suas respostas na descrição do problema (~2%).

A classificação das perguntas segundo a sua **orientação** tem como base a sua relevância para a compreensão da situação apresentada de acordo com o que foi solicitado aos alunos. Sendo assim, mais uma vez, é importante ter presente as indicações fornecidas para a resolução desta situação-problema:

Formule perguntas cujas respostas não se encontrem na informação fornecida e lhe permitam obter informações relevantes que conduzam à compreensão da experiência. (...) As perguntas formuladas podem propor a realização de ensaios ou experiências químicas cujos resultados julgue esclarecedores da experiência.

Sendo assim, foram consideradas de **orientação geral** as perguntas cujas respostas conduzissem à compreensão da experiência (ou a algum aspecto particular da mesma), através da obtenção de informações relevantes ou da realização de ensaios experimentais com resultados que pudessem ser esclarecedores. Estas perguntas não incluem, no entanto, conceitos ou conteúdos do domínio da Química.

As perguntas consideradas com uma **orientação química** conduzem à compreensão da experiência ou propõem a realização de ensaios esclarecedores da mesma, integrando e relacionando conceitos ou conteúdos do domínio da Química.

As perguntas consideradas **sem orientação** procuravam informações consideradas não relevantes para a compreensão da experiência apresentada.

Na Tabela 43 encontram-se alguns exemplos de perguntas classificadas nas diferentes subcategorias para a orientação.

Tabela 43 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Coração de mercúrio”

Orientação	Perguntas
Orientação Química	<i>Quando se adiciona o ácido sulfúrico o ferro não tem tendência para se oxidar? Houve oxidação do ferro? O que permitiu que voltasse a tocar na gota de mercúrio?”</i>
	<i>Se fizéssemos a experiência sem a ponta de ferro já daria para perceber se o que acontece esta ou não relacionado com a possível corrosão do ferro. Se experimentássemos também fazer a experiência sem o mercúrio, o ferro oxidar-se-ia?</i>
Orientação Geral	<i>Qual a razão pela qual a gota de mercúrio se afasta da ponta fina de ferro? Realizar outra experiência em que se coloque uma gota de mercúrio num tubo de ensaio e adicionar-lhe ácido sulfúrico, o que acontece? Neste caso adiciona-se um ácido, se adicionarmos uma base, o que acontece?</i>

	<i>Tem o mesmo efeito?</i>
Perguntas não orientadas para o problema	<i>Se fizemos esta experiência numa aula prática os movimentos da gota vêm-se facilmente?</i>
	<i>Porque é que a gota oscila para cima e para baixo e não para os lados?</i>
	<i>Os movimentos de contracção e distensão da gota de mercúrio podem ser comparadas com o movimento do coração?</i>

A Tabela 44 revela o número de perguntas classificadas de acordo com a sua orientação.

Tabela 44 – Classificação das perguntas segundo a orientação para o problema - “Coração de mercúrio”

	Frequência	Percentagem
outras	3	.7
não orientada para o problema	14	3.4
orientação geral	307	75.1
orientação química	85	20.8
Total	409	100.0

A maior parte das perguntas revela uma orientação geral (~75%) e ~21% uma orientação para os aspectos químicos do problema. Apenas ~3% das perguntas revelou não estar orientada para o problema.

Ainda relacionado com a orientação das perguntas, é interessante verificar que cerca 17% das perguntas sugeriram a realização de diferentes ensaios experimentais ou alterações à experiência apresentada. As perguntas indicavam normalmente alterações dos reagentes utilizados, variações das concentrações dos mesmos, variações de pH, ou mesmo omissão de um dos reagentes, no sentido de compreender o papel de cada um no processo (ponta de ferro, gota de mercúrio, ácido sulfúrico e dicromato de potássio). São, portanto, perguntas que revelam maioritariamente uma “orientação geral”.

Embora todas estas perguntas só possam ser respondidas através da realização de outras experiências, o que implica que as suas respostas se encontrem para além dos dados disponibilizados, nem todas revelaram um maior nível de complexidade ou um pensamento crítico. Assim, de um total de 69 perguntas, apenas 5 foram classificadas no nível da “aplicação e/ou análise”, pois revelaram um nível superior ao tentar compreender se alterações introduzidas na experiência afectariam, e como, as reacções de oxidação-

redução. As maioria das perguntas (n=64) foram consideradas no nível da “compreensão”, pois limitaram-se a questionar sobre que resultados se obteriam quando substituídos determinados elementos da experiência (como o metal, o ácido, a solução em que está mergulhado o mercúrio ou o mercúrio).

Os resultados da classificação das questões nas três categorias de análise encontram-se na Tabela 45, que reflecte o cruzamento desses resultados.

Tabela 45 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Coração de mercúrio”

		Orientação			
Nível cognitivo		outras	sem orientação	orientação geral	orientação química
outras	outras	3			
conhecimento factual					
	resposta total/ fornecida		2	4	
	resposta parcial/ fornecida		5	24	
	a resposta não é fornecida		5	89	8
	Total		12	117	8
compreensão					
	resposta parcial/ fornecida			9	
	a resposta não é fornecida		2	179	25
	Total		2	188	25
aplicação/análise					
	a resposta não é fornecida			1	41
	Total			1	41
síntese/avaliação					
	a resposta não é fornecida			1	11
	Total			1	11

Pelos dados da Tabela 45 pode constatar-se que as perguntas do nível do **conhecimento factual** revelaram maioritariamente uma orientação geral (85% das perguntas), enquanto que 9% das perguntas neste nível cognitivo demonstraram não estar orientadas para o problema. Apenas cerca 6% das perguntas de conhecimento factual revelaram uma orientação química.

A maioria das perguntas do nível da **compreensão** (87%), revelaram uma orientação para os aspectos gerais do problema, enquanto que 12% das perguntas neste nível

cognitivo revelaram uma orientação química. Apenas 1% dessas perguntas não estavam orientadas para o problema.

Estes resultados revelam que as perguntas classificadas nos níveis cognitivos mais baixos estão maioritariamente direccionadas para aspectos relevantes do problema, procurando a compreensão da experiência sem, no entanto, revelarem conceitos ou conteúdos de química.

Para ambos os níveis cognitivos, conhecimento factual e compreensão, verifica-se que a maioria das perguntas não encontra a sua resposta na informação fornecida (74% e 96%, respectivamente).

Constata-se, também, que à medida que se consideram níveis cognitivos superiores, o número de perguntas que não encontra resposta na informação fornecida aumenta. Por outro lado, perguntas cujas respostas são fornecidas total ou parcialmente na informação apenas se verificam para os níveis cognitivos mais baixos.

As perguntas de **alto nível cognitivo** relacionaram-se, maioritariamente, com uma orientação química. Todas as perguntas do nível da aplicação e/ou análise revelaram essa orientação, assim como 92% das perguntas de síntese e/ou avaliação.

1.2.3. Kevlar: segunda avaliação sumativa

As perguntas seleccionadas para ilustrar a diversidade em termos do nível cognitivo e da relação com esta situação-problema encontram-se sistematizadas na Tabela 46:

Tabela 46 - Exemplos de perguntas e sua classificação de acordo com o nível cognitivo e a relação com a situação problema – “Kevlar”

Nível Cognitivo	Perguntas	Relação*
Conhecimento factual (C1)	<i>Quais as características do polímero?</i>	R1
	<i>A substituição dos hidrogénios por outras moléculas é fundamental?</i>	R2
	<i>A condensação das duas substâncias vai formar um polímero como representamos esse polímero? Qual a sua fórmula estrutural?</i>	R3
Compreensão (C2)	<i>A organização das moléculas aquando da polimerização tem efeitos no peso e flexibilidade do material?</i>	R3
	<i>A resistência do material estará ligada às energias das ligações C-H; C-C e C-O?</i>	R3
	<i>Existirá poros entre as moléculas? Ou as próprias moléculas configuram entre si poros, ligam-se em redes?</i>	R3

Aplicação ou Análise (C3)	<i>O que confere tal resistência ao colete? Verifiquei que se podem estabelecer pontes de hidrogénio entre as moléculas. Estas ligações justificam a resistência e flexibilidade?</i>	R3
	<i>Por outro lado, sabemos que um hidrocarboneto saturado pelo facto de possuir ligações simples, tem uma maior capacidade de enrolar a sua cadeia, é mais flexível do que um hidrocarboneto insaturado, que oferece muita resistência. Será pelo facto de o polímero também possuir ligações simples que este confere flexibilidade ao kevlar?</i>	R3
Síntese ou Avaliação (C4)	(não houve perguntas classificadas neste nível cognitivo)	
Outras	<i>Tendo em conta que o colete é à prova de bala, o significa que não há penetração que se composto(os) será feito?</i>	

* R1: resposta totalmente fornecida na informação; R2: resposta parcialmente fornecida na informação; R3: a resposta não se encontra na informação fornecida

O número de perguntas, e respectivas percentagens, de acordo com a classificação no **nível cognitivo** é referido na Tabela 47.

Tabela 47 – Classificação das perguntas segundo o nível cognitivo - “Kevlar”

	Fre quência	Percentagem
outras	4	1.3
conhecimento factual	160	53.3
compreensão	112	37.3
aplicação/análise	24	8.0
Total	300	100.0

A maior parte das perguntas formuladas no contexto desta situação-problema foram do nível do conhecimento factual (~53%). As perguntas classificadas no nível da compreensão representam ~37% do número total de perguntas. Oito por cento das perguntas formuladas foram de nível cognitivo superior, correspondendo ao nível da aplicação e/ou análise. Não foram formuladas perguntas de síntese e/ou avaliação.

Na Tabela 48 são ilustradas a frequência e percentagem das perguntas em cada uma das subcategorias da **relação com a situação-problema**.

Tabela 48 – Classificação das perguntas segundo a relação com a situação-problema - “Kevlar”

	Frequência	Porcentagem
outras	4	1.3
resposta total/ fornecida	11	3.7
resposta parcial/ fornecida	51	17.0
a resposta não é fornecida	234	78.0
Total	300	100.0

A maior parte das perguntas não encontra a sua resposta na informação que é fornecida (78%), enquanto que 17% das perguntas encontram as suas respostas parcialmente na descrição do problema e apenas ~4% encontra totalmente a sua resposta na informação fornecida.

A análise das perguntas segundo a sua **orientação** permitiu seleccionar alguns exemplos que reflectem essa categorização. Essas perguntas são apresentadas na Tabela 49.

Tabela 49 - Exemplos de perguntas classificadas de acordo com a orientação para o problema – “Kevlar”

Orientação	Perguntas
Orientação Química	<p><i>Quais são as energias de ligação que as moléculas estabelecem entre si? E as energias de ligação entre C1-NH2 e C1-COOH?</i></p> <p><i>As ligações estabelecidas entre carbonos são bastante fortes. Devido a este facto, podemos afirmar que o colete é resistente devido a essas ligações?</i></p> <p><i>A elevada resistência está relacionada com o "empacotamento" entre polímeros. Como se dá a ligação entre estes?</i></p> <p><i>Sabe-se, também, que os polímeros saturados são muito mais flexíveis que os insaturados. As ligações simples dão aos saturados uma "liberdade" de rotação que as ligações duplas e triplas não dão (estas tornam as cadeias poliméricas muito rígidas). Que tipo de ligações tem o Kevlar? Dar-lhe-ão liberdade de movimentos? Estará esse facto directamente relacionado com a flexibilidade e o conforto do Kevlar?</i></p>
Orientação Geral	<p><i>Quais as características deste polímero que lhe conferem as propriedades mencionadas acima? É o único com essas propriedades?</i></p> <p><i>No texto, é-nos dito que os coletes apresentam alta resistência, leveza, flexibilidade e conforto. Quais serão os compostos responsáveis especificamente por cada característica apresentada?</i></p> <p><i>A flexibilidade, conforto e leveza estão relacionados com o facto de ser um polímero?</i></p>
Perguntas não orientadas para o problema	<p><i>Se o material kevlar tivesse outra fórmula de estrutura este serviria para fazer os coletes?</i></p> <p><i>Em que condições se consegue produzir o kevlar?</i></p> <p><i>O que se segue no fabrico dos coletes a seguir à condensação?</i></p>

O número de perguntas classificadas em cada subcategoria da orientação para o problema é apresentado na Tabela 50.

Tabela 50 – Classificação da perguntas segundo a orientação para o problema - “Kevlar”

	Frequência	Porcentagem
outras	4	1.3
não orientada para o problema	101	33.7
orientação geral	142	47.3
orientação química	53	17.7
Total	300	100.0

Verifica-se que o maior número de perguntas surge associado a uma “orientação geral”, representando ~47% do número total de perguntas formuladas. As perguntas que revelaram uma orientação química representam ~18%.

As perguntas consideradas “não orientadas para o problema” constituem ~34% das perguntas realizadas, considerado um valor elevado. Para melhor compreender a natureza dessas perguntas apresentam-se mais alguns exemplos:

- *Qual será a espessura do colete para imobilizar a bala de forma segura?*
- *Será que uma bala disparada não penetra pelo colete de forças?*
- *Com o fabrico dos coletes à prova de bala, os seus utilizadores confiam nos químicos, confiando-lhes assim as suas vidas. Existe a probabilidade da condensação do polímero não aconteça totalmente e como tal não ser a protecção desejada? Como podemos explicar tal acontecimento, se existir essa probabilidade?*
- *Qual é a capacidade máxima que um colete consegue suportar, ou seja, quando é que um colete deixa ser atravessado por uma bala, pondo em risco uma vida? Se existir algum tipo de bala que consiga atravessar o colete, o porquê e que propriedades da bala explicam esse acontecido?*
- *Por que é que só utiliza um colete à prova de bala e também não utiliza protecção para as mãos?*
- *Têm efeitos secundários na pele humana? Se sim, quais?*

Estas perguntas revelaram, principalmente, preocupações relativamente à segurança pessoal aquando da utilização dos coletes. Foram consideradas nesta subcategoria por não permitirem *compreender quimicamente as propriedades do Kevlar*. O contexto desta

situação-problema e a questão da segurança pessoal terão afastado os alunos da sua compreensão química.

O cruzamento entre os resultados obtidos da classificação das perguntas nas três categorias de análise é apresentado na Tabela 51.

Tabela 51 - Número de perguntas classificadas segundo o nível cognitivo, a relação e a orientação para o problema - “Kevlar”

Nível cognitivo		Orientação				Total
		outras	sem orientação	orientação geral	orientação química	
outras	outras	4				4
conhecimento factual	resposta total/ fornecida		10	1		11
	resposta parcial/ fornecida		11	30	1	42
	a resposta não é fornecida		54	47	6	107
	Total		75	78	7	160
compreensão	resposta parcial/ fornecida			9		9
	a resposta não é fornecida		26	55	22	103
	Total		26	64	22	112
aplicação/análise	a resposta não é fornecida				24	24
	Total				24	24

Analisando os dados da Tabela 51 pode verificar-se que as perguntas do nível do **conhecimento factual** revelaram uma orientação fundamentalmente para os aspectos mais gerais (49%) ou para aspectos não relevantes do problema (47%). Apenas 4% das perguntas neste nível cognitivo revelam uma orientação química.

A maioria das perguntas do nível do conhecimento factual não encontra as suas respostas na informação fornecida (67%), enquanto que 26% dessas perguntas encontram uma resposta parcial e apenas 7% encontram a sua resposta totalmente na descrição do problema.

Para o nível da **compreensão** as perguntas continuam a ser maioritariamente de orientação geral (57%). Por outro lado, 23% destas perguntas estavam orientadas para aspectos não relevantes do problema e 20% revelaram uma orientação química.

As respostas às perguntas do nível da compreensão não encontram, de uma maneira geral, as suas respostas na informação fornecida (92%).

As perguntas classificadas no nível da **aplicação e/ou análise** revelaram na totalidade uma orientação química e as suas respostas não se encontram na informação que foi disponibilizada.

2. RESULTADOS GLOBAIS

Depois de uma análise e discussão dos resultados por situação de avaliação faz-se agora uma avaliação global, integrando a totalidade dos resultados obtidos em todas as situações-problema. A apresentação e discussão destes resultados é efectuada considerando a classificação das perguntas em cada categoria de análise, procurando também confirmar possíveis associações entre essas variáveis. São também apresentados os resultados em termos do número de questões formuladas.

Este tratamento dos resultados permitirá comparar os dados das diferentes situações-problema, permitindo tirar ilações acerca do desempenho dos alunos na sua realização ao longo do ano lectivo.

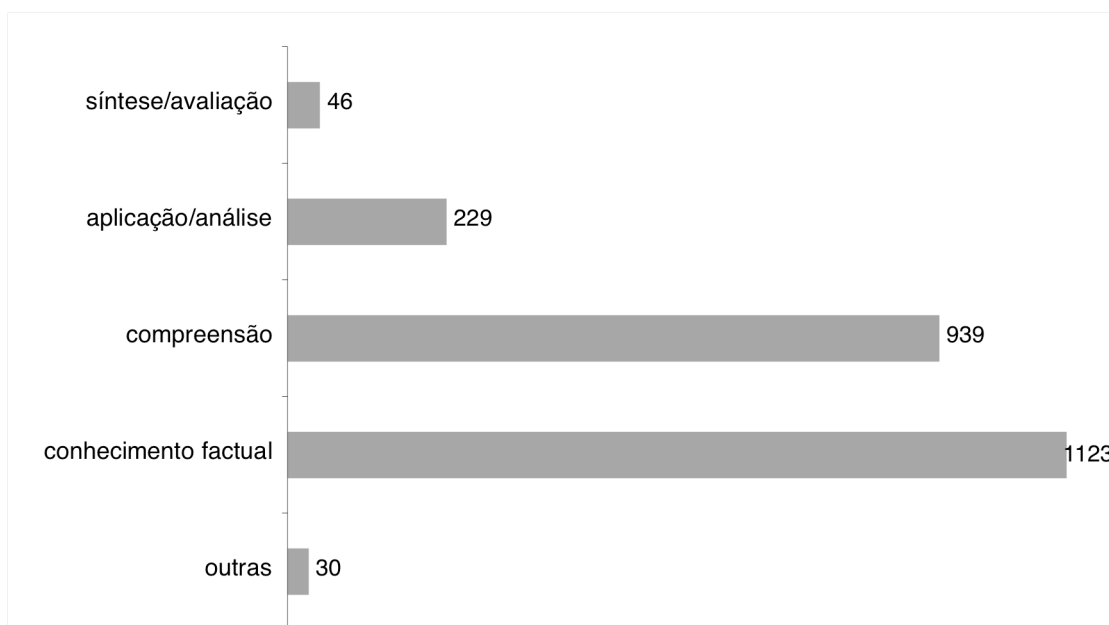
2.1. Nível cognitivo

Considerando o número total de perguntas formuladas em todas as situações-problema no decorrer do ano lectivo (2367 perguntas) confirma-se que o maior número de perguntas correspondeu aos níveis cognitivos mais baixos. Registaram-se 1123 perguntas no nível do conhecimento factual (47%) e 939 perguntas no nível da compreensão (40%). Os níveis cognitivos superiores, aplicação e/ou análise e síntese e/ou avaliação, representam respectivamente 10% e 2% do número total de perguntas formuladas. Estes resultados são descritos na Tabela 52 e podem ser facilmente visualizados no Gráfico 3.

Tabela 52 - Número total de perguntas formuladas, e respectivas percentagens, por nível cognitivo

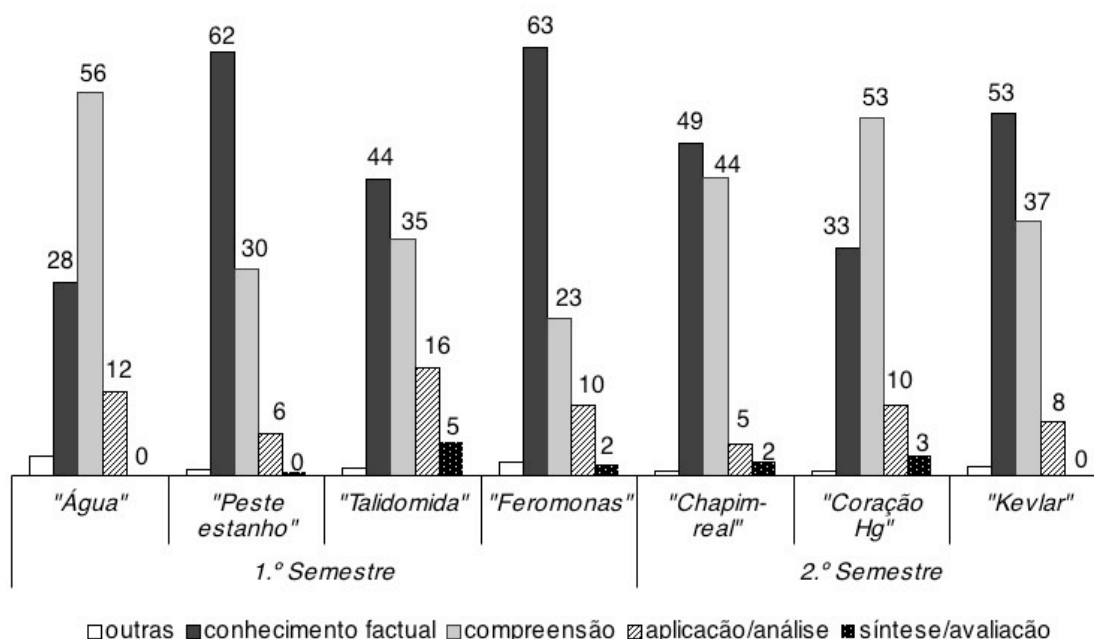
	Frequência	Percentagem
outras	30	1.3
conhecimento factual	1123	47.4
compreensão	939	39.7
aplicação/análise	229	9.7
síntese/avaliação	46	1.9
Total	2367	100.0

Gráfico 3 - Número total de perguntas formuladas, por nível cognitivo



O Gráfico 4 permite confrontar os resultados obtidos em cada teste de avaliação, considerando a classificação das questões segundo o nível cognitivo. De salientar que as duas situações-problema realizadas para o primeiro teste formativo do primeiro semestre, “círculos de pedra” e “electrificação das nuvens”, apresentam os resultados agrupados no gráfico de barras designado por “Água”, para tornar os resultados comparáveis com os outros testes, uma vez que cada aluno apenas realizou uma dessas situações-problema.

Gráfico 4 - Percentagem de perguntas classificadas por nível cognitivo e por teste de avaliação



Confirma-se que, em todas as situações-problema, a maior percentagem de perguntas correspondeu aos níveis cognitivos mais baixos, conhecimento factual e compreensão, aspecto que foi previamente discutido no contexto específico de cada situação-problema.

As situações em que se verificou uma maior percentagem de perguntas de conhecimento factual corresponderam aos testes sumativos do primeiro semestre, "Peste do Estanho" e "Feromonas". Nos testes formativos do primeiro semestre, "Água" e "Talidomida", a percentagem de perguntas do nível da compreensão foi mais representativa do que nos testes sumativos, com 56% e 35% do número total de perguntas, respectivamente. Também as perguntas de nível cognitivo superior são mais representativas nesses testes formativos, representando 12% e 21%, respectivamente, do que nos testes sumativos (6% e 12%) do primeiro semestre.

No segundo semestre, verifica-se que a situação-problema "Coração de mercúrio" foi a única que revelou um maior número de perguntas do nível da compreensão (53%) relativamente ao nível do conhecimento factual (33%), sendo também a situação onde foram registados valores mais elevados para as perguntas de alto nível cognitivo (13%).

Em termos globais, verifica-se que as situações-problema que apresentaram um maior número de perguntas nos níveis cognitivos superiores foram "Talidomida", "Coração de

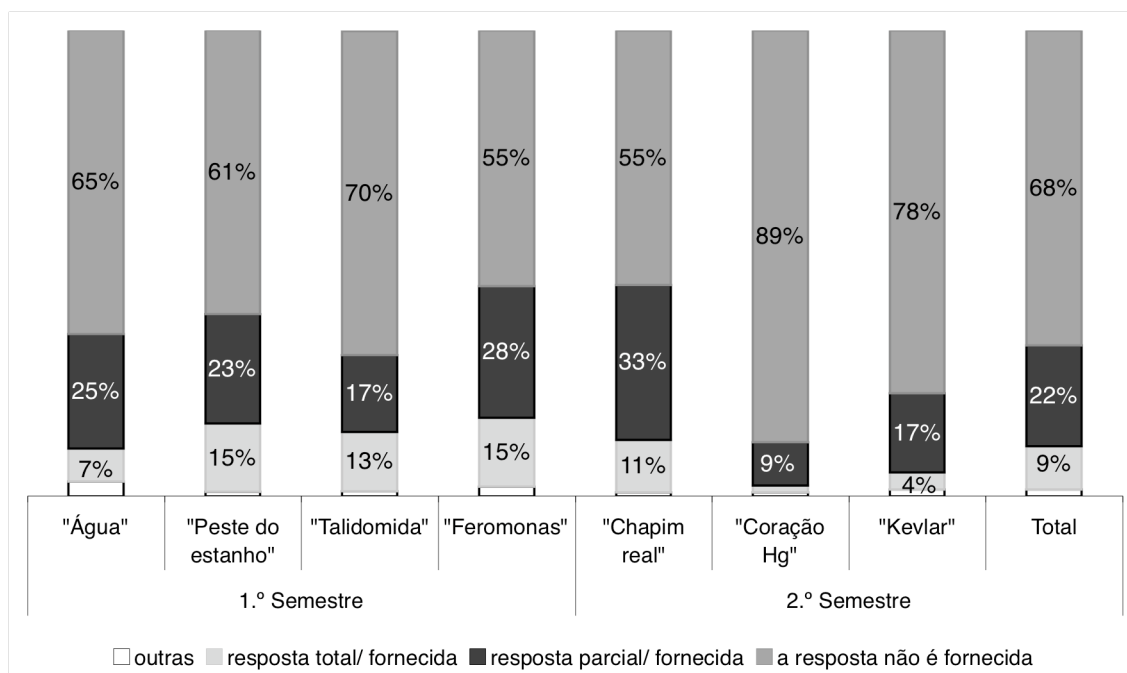
mercúrio”, “Feromonas” e “Água”, respectivamente. Estes valores poderão estar relacionados com o facto de na descrição destas situações-problema ser mais evidente a sua relação com a Química, através da ilustração da fórmula de estrutura das moléculas (“Talidomida” e “Feromonas”) ou mesmo de uma actividade experimental (“Coração de mercúrio”). Por isto, poderá ter sido mais fácil a activação de conhecimentos prévios relevantes e a sua aplicação no sentido da resolução do problema.

Analizando os resultados para o nível cognitivo das perguntas na sua globalidade, verifica-se uma grande heterogeneidade entre as várias situações-problema. Existe alguma dificuldade em avaliar a evolução desses resultados ao longo do ano lectivo, do primeiro para o segundo semestre. Esse facto prende-se, fundamentalmente, com a diversidade e especificidade das situações-problema, que terão condicionado também uma diversidade de padrões das perguntas, em termos do seu nível cognitivo.

2.2. Relação com a situação-problema

O Gráfico 5 revela a percentagem de perguntas classificadas de acordo com a relação com a situação-problema, em cada teste de avaliação.

Gráfico 5 – Percentagem de perguntas de acordo com a relação com a situação-problema, por teste de avaliação



A partir da análise do Gráfico 5 é possível confirmar que o maior número de perguntas, em todas as situações-problema, não encontra a sua resposta na informação fornecida.

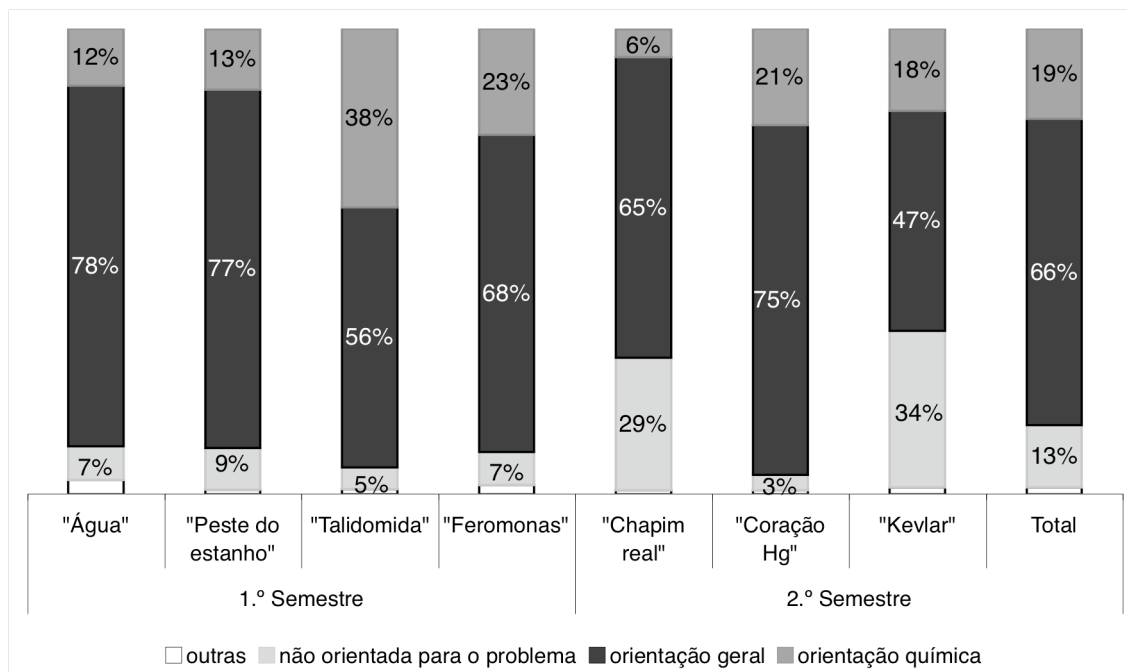
É importante salientar que esse número foi mais significativo no segundo semestre (valor médio de 74%) em relação ao primeiro semestre (valor médio de 63%). Também o número de perguntas cujas respostas se encontram totalmente fornecidas na descrição do problema diminuiu do primeiro para o segundo semestre (de 12.5% para 5.5%, valores médios respectivos). Esses valores poderão estar relacionados com a alteração introduzida nos enunciados das situações-problema do segundo semestre, que passaram a explicitar: *Formule questões cujas respostas não se encontrem na informação fornecida (...)*.

Neste parâmetro, pode considerar-se que houve uma melhoria nas perguntas formuladas do primeiro para o segundo semestre.

2.3. Orientação

O Gráfico 6 permite confrontar os resultados obtidos nas diferentes situações-problema, considerando a classificação das perguntas segundo a sua orientação.

Gráfico 6 - Percentagem de perguntas de acordo com a orientação para o problema, por teste de avaliação



A partir da análise do Gráfico 6, confirma-se que a maioria das perguntas revelou uma orientação geral em todas as situações-problema, representando 66% do número total de perguntas, em média.

Nas situações-problema “Chapim real” e “Kevlar”, do segundo semestre, é visível que o número de perguntas não orientadas para o problema é muito mais elevado do que nas outras situações. Esses valores, de 29% e 34%, em cada situação respectivamente, poderão estar, de alguma forma relacionados com a natureza dessas situações-problema.

Na situação-problema “Chapim real” foi descrito um problema ambiental com repercussões ao nível do ecossistema, salientando o caso da ave chapim real e dos problemas causados nos seus ovos. Essas perguntas revelaram, fundamentalmente, preocupações com as repercussões ambientais da aplicação de DDT, tendo focado por vezes aspectos mais gerais sem relação com o problema descrito. Para além do elevado número de perguntas não orientadas para o problema, esta foi também a situação em que foram registadas menos perguntas com uma orientação química.

No segundo caso é salientada a utilidade da fibra Kevlar no fabrico de coletes à prova de bala. Embora neste caso tenha sido salientado que as perguntas deveriam permitir uma compreensão das propriedades químicas do material, o contexto da situação e o exemplo dado originaram muitas perguntas relacionadas com a segurança pessoal, desviando-se dos aspectos relevantes do problema. Muitas especulações acerca de outros materiais alternativos ao Kevlar também contribuíram para o aumento destas perguntas, como foi já discutido anteriormente.

De salientar que o maior número de perguntas com uma orientação química surgiu associado às situações “Talidomida” (38%), “Feromonas” (23%) e “Coração de mercúrio” (21%). Curiosamente, foram também as situações-problema onde se verificou um maior número de perguntas de elevado nível cognitivo. Como foi já referido, estes valores parecem estar relacionados com a descrição dessas situações, que salientaram determinados aspectos químicos do problema, tornando mais evidente a relação com a Química.

Analisando os resultados globais da orientação das perguntas para o problema, não se verificaram melhorias do primeiro para o segundo semestre, o que, em parte, poderá

ser explicado pelos resultados obtidos nas situações “Chapim real” e “Kevlar”, pelos motivos já discutidos.

2.4. Relação entre as categorias de análise

A Tabela 53 reflecte o cruzamento entre as três categorias de análise, com base nos resultados globais, permitindo analisar e confirmar possíveis associações entre elas.

Tabela 53 – Cruzamento entre as variáveis de análise: Nível cognitivo, Relação com a situação-problema e Orientação

		Orientação				Total
		outras	não orientada para o problema	orientação geral	orientação química	
Nível cognitivo	outras	30				30
	Total	30				30
conhecimento factual	resposta total/ fome cida		25	185	9	219
	resposta parcial/ fome cida		54	293	12	359
	a resposta não é fome cida		168	345	32	545
	Total		247	823	53	1123
compreensão	resposta total/ fome cida				3	3
	resposta parcial/ fome cida		5	119	15	139
	a resposta não é fome cida		61	600	136	797
	Total		66	719	154	939
aplicação/análise	resposta parcial/ fome cida			1	13	14
	a resposta não é fome cida			15	200	215
	Total			16	213	229
síntese/avaliação	a resposta não é fome cida		4	3	39	46
	Total		4	3	39	46

As perguntas do nível do **conhecimento factual**, num total de 1123, revelaram maioritariamente uma orientação geral (73%), enquanto que 22% dessas perguntas revelaram não estar orientadas para o problema. Apenas 5% dessas perguntas estavam orientadas para aspectos químicos do problema.

Em termos da relação com a situação-problema são perguntas que maioritariamente não encontram a sua resposta na informação que foi fornecida (49%), embora se tenham verificado valores também consideráveis nas outras subcategorias: 32% das perguntas

encontram parcialmente a sua resposta e 20% encontram totalmente a sua resposta na descrição do problema.

No nível da **compreensão** contabilizaram-se 939 perguntas. Neste nível cognitivo as perguntas continuam a ser maioritariamente de orientação geral (77%). Houve, no entanto, um ligeiro aumento no número de perguntas com uma orientação química (16%), e uma diminuição significativa das perguntas não orientadas para o problema (7%), em relação ao nível cognitivo anterior.

A resposta a estas perguntas não se encontra, de uma maneira geral, fornecida na informação (85%), sendo muito mais reduzido o número de perguntas com uma resposta parcial (15%) ou totalmente fornecida na informação (0,3%), relativamente ao nível do conhecimento factual.

No nível da **aplicação e/ou análise**, ao contrário das perguntas de nível cognitivo inferior (conhecimento factual e compreensão), a orientação das perguntas foi predominantemente química (93%). Apenas 7% das perguntas revelaram uma orientação geral.

Essas perguntas, de uma maneira geral, não encontram as respostas na informação que foi fornecida (94%) e apenas 6% encontram parcialmente a sua resposta. Não houve perguntas de aplicação e/ou análise que encontrassem as suas respostas totalmente na descrição do problema.

À semelhança das perguntas de aplicação e/ou análise, as perguntas classificadas no nível da **síntese e/ou avaliação** foram fundamentalmente de orientação química (85%), com apenas 7% das perguntas a revelar uma orientação geral. Surgiram algumas perguntas não orientadas para a resolução do problema (9%), registadas apenas na situação-problema “Chapim real”. Estas perguntas são de avaliação e estão relacionadas com a tomada de decisão no sentido de evitar ou minimizar o problema ambiental, como foi já referido.

As perguntas de síntese e/ou avaliação não encontram a sua resposta na informação fornecida.

Todas estas relações, confirmadas pela análise dos resultados empíricos globais, foram sendo identificadas à medida que se progredia na análise das perguntas por

situação-problema. Procurou, também, confirmar-se essa relação estatisticamente, através do cálculo da correlação entre as três variáveis de análise das questões. Utilizou-se o coeficiente rho de Spearman por se tratar de variáveis ordinais que consideram subcategorias progressivas em termos de qualidade. O resultado da correlação entre as três categorias de análise é indicado na Tabela 54.

Tabela 54 – Correlação de Spearman entre as variáveis de análise: Nível cognitivo, Relação com a situação-problema e Orientação

			Nível cognitivo	Relação	Orientação
rho Spearman	Nível cognitivo	coeficiente de correlação	1.000	.461**	.530**
	Relação	coeficiente de correlação	**	1.000	.176**
	Orientação	coeficiente de correlação	**	**	1.000

** . correlação significativa ao nível de 0.01 (unicaudal)

Obteve-se um coeficiente rho de Spearman $r_s=0.530$ entre o nível cognitivo da questão e a sua orientação. Entre o nível cognitivo e a relação com a situação-problema obteve-se o valor $r_s=0.461$, e entre a orientação e a relação com a situação-problema o valor $r_s=0.176$. Em todas os casos a correlação foi positiva e significativa ao nível de 0.01 ($p<0.01$).

De salientar que a existência de uma correlação entre as variáveis de análise não indica uma relação de causalidade, mas apenas a existência de uma associação significativa entre as três variáveis. Isso permite afirmar, e prever, que perguntas de níveis cognitivos mais baixos estarão associadas a níveis mais baixos para a orientação (não orientadas para o problema ou orientação geral) e para a relação com a situação-problema (respostas total ou parcialmente fornecidas), assim como perguntas de níveis cognitivos superiores estarão associadas com níveis mais altos para a orientação e para a relação com a situação-problema.

2.5. Número de questões

Como foi já referido, o número total de perguntas formuladas nas situações de avaliação ao longo de todo o ano lectivo foi de 2367. A Tabela 55 resume o número de perguntas formuladas em cada teste de avaliação.

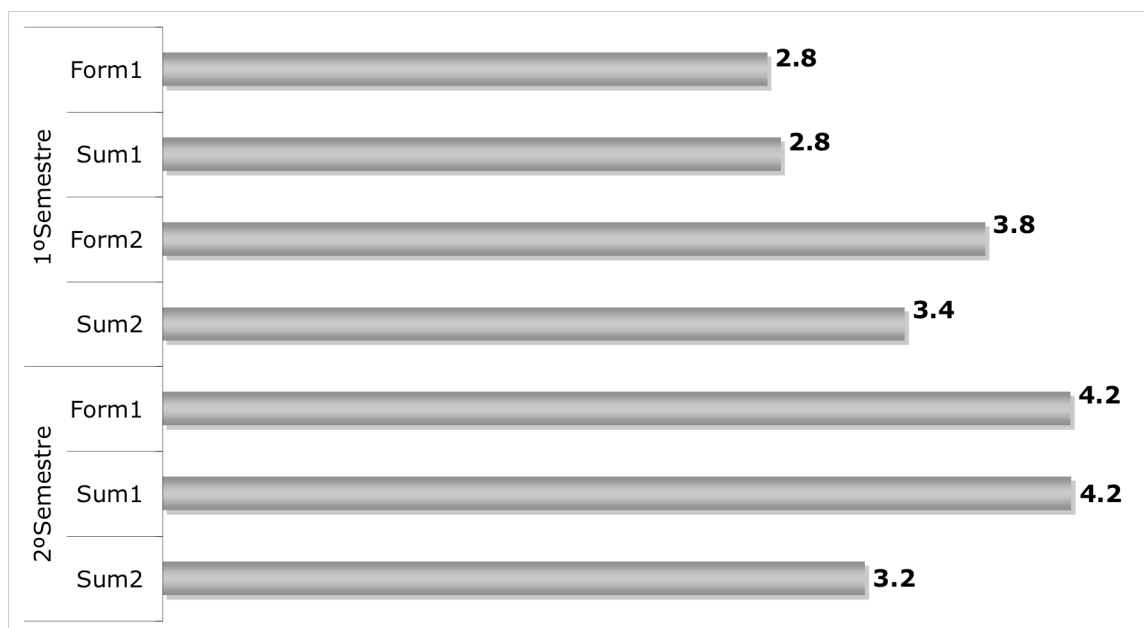
Tabela 55 - Número de perguntas formuladas em cada teste de avaliação, por semestre

	Teste de avaliação				Total
	Formativo 1	Sumativo 1	Formativo 2	Sumativo 2	
1.º semestre	236	244	393	368	1241
2.º semestre	417	409		300	1126
Total	653	653	393	668	2367

Os testes em que se registou um maior número de perguntas foram ambos do segundo semestre: o primeiro teste formativo (“Chapim real”), com 417 perguntas, e o primeiro teste sumativo (“Coração de mercúrio”), com 409 perguntas. No primeiro semestre o maior número de perguntas ocorreu para o segundo teste formativo (“Talidomida”) com um total de 393 perguntas.

O Gráfico 7 revela o número médio de perguntas por aluno em cada teste de avaliação. O cálculo foi efectuado com base na razão entre o número total de perguntas formuladas em cada um dos testes (Tabela 55) e o número de alunos que formulou pelo menos uma pergunta, para cada teste. Os alunos que estiveram ausentes nas avaliações e os alunos presentes que não formularam perguntas não foram considerados.

Gráfico 7 - Número médio de perguntas formuladas por aluno, por teste de avaliação



Pela observação do Gráfico 7 verifica-se que o número médio de perguntas aumenta, de uma forma global, do primeiro para o segundo semestre. No primeiro semestre o valor médio é de 3,2 perguntas formuladas por aluno e por teste, enquanto no segundo semestre o valor médio é de 3,9 perguntas por aluno, por teste.

Houve, portanto, um aumento no número de perguntas formuladas do primeiro para o segundo semestre.

3. RESULTADOS POR ALUNO

A apresentação dos resultados da análise por aluno tem como objectivo procurar avaliar o desempenho e evolução em termos da sua competência para formular questões, ao longo do ano lectivo. Para tal, estabeleceram-se indicadores globais que, de alguma forma, permitissem concretizar essa análise.

Esses indicadores foram os níveis máximos atingidos nas perguntas que formularam, atendendo ao seu nível cognitivo, orientação e relação com a situação-problema, considerando a totalidade de perguntas em cada semestre. Dessa forma tornou-se possível identificar os níveis máximos de qualidade atingidos pelos alunos e, de alguma forma, avaliar a evolução do primeiro para o segundo semestre. Identificou-se, também, os níveis mínimos revelados pelos alunos nas perguntas que formularam, considerando os mesmos parâmetros, no sentido de melhor avaliar essa evolução.

Considerou-se também pertinente cruzar os níveis máximos de qualidade com as classificações finais obtidas em cada disciplina (Química I e Química II), no sentido de verificar possíveis relações entre a qualidade das perguntas formuladas e a aprendizagem em Química.

3.1. Qualidade das questões

Como se pretendia verificar a qualidade das perguntas e a sua evolução do primeiro para o segundo semestre, consideraram-se apenas os alunos que fizeram pelo menos uma pergunta em ambos os semestres. Assim, não se considerou a totalidade da população, constituída por 124 alunos, pois 16 desses elementos, embora tendo frequentado a disciplina no segundo semestre, faltaram aos testes ou não formularam perguntas. A amostra considerada para esta análise correspondeu, então, a 108 alunos.

A Tabela 56 reflecte o número de alunos e os **níveis cognitivos mínimos** correspondentes, revelados nas perguntas que formularam em cada um dos semestres.

Tabela 56 - Nível cognitivo mínimo revelado pelos alunos, em cada semestre

		2ºSemestre			Total
		outras	conhecimento factual	compreensão	
1ºSemestre	outras	2	14	1	17
	conhecimento factual	8	80	2	90
	compreensão		1		1
Total		10	95	3	108

No **primeiro semestre** houve 17 alunos que formularam perguntas que não foram possíveis de analisar e/ou classificar (“outras”). Dos alunos que formularam estas perguntas no primeiro semestre, apenas dois voltaram a revelar perguntas desse nível no segundo semestre.

A grande maioria dos alunos (n=90) efectuou perguntas do nível do conhecimento factual no primeiro semestre. Apenas um aluno revelou como nível mínimo no primeiro semestre a “compreensão”, no entanto formulou apenas perguntas de nível inferior no segundo semestre.

No **segundo semestre** o padrão foi semelhante, com a maioria dos alunos a colocar pelo menos uma pergunta do nível do “conhecimento factual”, antes de formular perguntas de nível cognitivo mais elevado. O número de alunos que colocou pelo menos uma pergunta classificada na categoria “outras” foi inferior relativamente ao primeiro semestre (n=10). Apenas três alunos revelaram não ter efectuado perguntas de nível inferior ao da “compreensão”.

A Tabela 57 revela o **nível cognitivo máximo** atingido pelos alunos nas perguntas que formularam em cada semestre.

Tabela 57 – Nível cognitivo máximo atingido pelos alunos, em cada semestre

		2ºSemestre				Total
		conhecimento factual	compreensão	aplicação/ análise	síntese/ avaliação	
1ºSemestre	conhecimento factual		2			2
	compreensão	1	19	8	3	31
	aplicação/análise	1	32	16	10	59
	síntese/avaliação		6	7	3	16
Total		2	59	31	16	108

Verifica-se que só 2 alunos atingiram apenas o nível do “conhecimento factual” nas perguntas que formularam, em cada semestre. Os dois casos do primeiro semestre evoluíram para o nível da “compreensão” no segundo semestre. No caso dos alunos identificados no segundo semestre, haviam formulado pelo menos uma pergunta de nível cognitivo mais elevado no primeiro semestre, num dos casos “compreensão”, no outro “aplicação e/ou análise”.

No **primeiro semestre**, 31 alunos (29%) atingiram apenas o nível da “compreensão”. A maioria dos alunos realizaram pelo menos uma pergunta de “aplicação e/ou análise” (55%) e 15% atingiram o nível cognitivo superior de “síntese e/ou avaliação”. Assim, 69% dos alunos conseguiram atingir um nível cognitivo superior no primeiro semestre.

No **segundo semestre**, o número de alunos que apenas atingiu o nível do “conhecimento factual” foi o mesmo do primeiro semestre, assim como o número de alunos que atingiu o nível da “síntese e/ou avaliação”. A diferença encontra-se nos níveis da “compreensão” e da “aplicação e/ou análise”. No segundo semestre, o número de alunos que apenas atingiu o nível da “compreensão” foi superior, sendo que o número de alunos que conseguiu alcançar o nível de “aplicação e/ou análise” diminuiu proporcionalmente.

O facto de não ter sido evidente uma melhoria na qualidade das perguntas formuladas, do primeiro para o segundo semestre, poderá estar relacionado com a diversidade de contextos das situações-problema apresentadas. A natureza particular de duas das situações-problema no segundo semestre, e a forma como foi solicitado aos alunos para formularem perguntas nesses contextos, terão desviado a atenção dos alunos para aspectos secundários e menos relevantes do problema, o que poderá, de alguma forma, explicar os resultados no segundo semestre, como previamente discutido.

É de salientar o facto de 80% dos alunos terem conseguido formular pelo menos uma pergunta de alto nível cognitivo no decurso do ano lectivo. Isto implica, no entanto, que 20% dos alunos não tenham alcançado um nível cognitivo superior nas perguntas que formularam, o que aparentemente poderá ser considerado um resultado não muito positivo, tendo em consideração todas as estratégias de promoção dessa capacidade nos alunos. Uma análise pormenorizada do perfil desses alunos revela que, na sua maioria, atingiram o nível cognitivo da compreensão nos dois semestres (19 alunos, num total de 22). Estes alunos obtiveram, de uma forma geral, baixas classificações em química no primeiro semestre (principalmente classificações iguais ou inferiores a 10 valores). No segundo semestre a maioria desses alunos conseguiu uma melhoria nas classificações finais, em alguns casos para valores medianos da escala, normalmente associada a um aumento no número de perguntas relativamente ao primeiro semestre.

Houve dois alunos que “evoluíram” do nível do conhecimento factual para o nível da compreensão, do primeiro para o segundo semestre. Estes alunos obtiveram classificações inferiores a 10 valores no primeiro semestre. Para além de conseguirem alcançar um nível cognitivo mais elevado, formularam também mais perguntas e obtiveram classificações superiores em Química, no segundo semestre.

O único caso em que se verificou uma diminuição do nível da compreensão para o nível do conhecimento factual, no segundo semestre, foi um aluno que apenas formulou perguntas em duas das situações de avaliação, curiosamente as duas situações formativas em que esteve presente. Assim, formulou apenas duas perguntas no segundo teste formativo do primeiro semestre e uma no teste formativo do segundo semestre. Este aluno esteve presente nos testes sumativos, e obteve classificações medianas nessas avaliações, mas sem colocar qualquer pergunta.

Esta análise revela, fundamentalmente, que esses alunos, apesar de não terem atingido um nível cognitivo superior nas perguntas que formularam, demonstraram um aumento do número de perguntas formuladas, revelador de um maior envolvimento nas situações de avaliação. Obtiveram também melhores classificações finais no segundo semestre, reflexo de uma melhor aprendizagem.

A análise dos níveis máximos e mínimos revelados nas perguntas formuladas pelos alunos, de acordo com a sua **relação com a situação-problema**, é ilustrada nas Tabelas 58 e 59.

A Tabela 58 mostra os **níveis mínimos** revelados segundo a classificação das perguntas nessa categoria.

Tabela 58 - Nível mínimo para a “relação com a situação-problema” revelado pelos alunos em cada semestre

		2ºSemestre				Total
		outras	resposta total/ fornecida	resposta parcial/ fornecida	a resposta não é fornecida	
1ºSemestre	outras	2	6	7	2	17
	resposta total/ fornecida	7	24	20	4	55
	resposta parcial/ fornecida	1	9	17	7	34
	a resposta não é fornecida		1	1		2
Total		10	40	45	13	108

Analisando os resultados no primeiro semestre verifica-se que a maioria dos alunos formulou pelo menos uma pergunta cuja resposta se encontrava totalmente na informação fornecida (n=55). Trinta e quatro alunos revelaram que as perguntas de nível mais baixo apresentavam a sua resposta parcialmente na informação. Apenas dois alunos formularam perguntas cujas respostas não se encontravam na informação fornecida.

No segundo semestre constata-se que o número de alunos que formulou pelo menos uma pergunta com a resposta totalmente fornecida na informação foi inferior ao registado no primeiro semestre (n=40). O número de casos em que as perguntas formuladas se encontravam parcialmente na informação fornecida (n=45), ou não se encontravam na informação fornecida (n=13), subiu em relação aos resultados do primeiro semestre.

Os resultados em termos do **nível máximo** atingido pelos alunos na **relação com a situação-problema** descrevem-se na Tabela 59:

Tabela 59 - Nível máximo para a “relação com a situação-problema” atingido pelos alunos, em cada semestre

		2ºSemestre			Total
		resposta total/ fomecida	resposta parcial/ fomecida	a resposta não é fomecida	
1ºSemestre	resposta parcial/ fomecida			1	1
	a resposta não é fomecida	1	3	103	107
Total		1	3	104	108

Não se verificam diferenças significativas nos níveis máximos atingidos no primeiro e segundo semestres.

Considerando o ano lectivo na sua globalidade, verifica-se que todos os alunos formularam pelo menos uma pergunta cuja resposta não se encontrava na informação disponibilizada.

A análise da qualidade das perguntas em termos da sua **orientação** para o problema, é traduzida nas Tabelas 60 e 61 para os valores mínimos e máximos atingidos pelos alunos em cada um dos semestres, respectivamente.

Tabela 60 - Nível mínimo para a “orientação” revelado pelos alunos em cada semestre

		2ºSemestre			Total
		outras	não orientada para o problema	orientação geral	
1ºSemestre	outras	2	12	3	17
	não orientada para o problema	6	24	7	37
	orientação geral	2	30	22	54
Total		10	66	32	108

Pela análise da Tabela 60 verifica-se que no primeiro semestre a maioria do alunos formulou perguntas com uma “orientação geral” para o problema (n=54) e 37 alunos revelaram ter formulado pelo menos uma pergunta não orientada para o problema.

No segundo semestre esses valores inverteram-se, registando-se um maior número de alunos a formular perguntas “não orientadas para o problema” (n=66). Verificou-se uma diminuição no número de alunos que revelaram como nível inferior a “orientação

geral”. Não houve alunos que apenas tivessem formulado perguntas com uma orientação química.

Os níveis máximos atingidos, por aluno, para o nível “orientação” são revelados na Tabela 61:

Tabela 61 - Nível máximo para a “orientação” atingido pelos alunos em cada semestre

		2º Semestre		Total
		orientação geral	orientação química	
1º Semestre	orientação geral	13	6	19
	orientação química	32	57	89
Total		45	63	108

Verifica-se que a maioria dos alunos, no primeiro semestre, formulou pelo menos uma pergunta de “orientação química” (n=89). Destes alunos, 32 não formularam este tipo de perguntas no segundo semestre, tendo as suas perguntas revelado no máximo uma “orientação geral”. Os alunos que no primeiro semestre revelaram apenas ter atingido a “orientação geral”, no segundo semestre continuaram, na sua maioria, apenas a revelar esse nível nas perguntas que formularam.

No segundo semestre, o número de alunos que revelaram ter atingido uma “orientação química” continua a ser superior (n=63) aos que apenas atingiram a “orientação geral” (n=45) nas perguntas que formularam. No entanto, essa diferença foi menos expressiva em relação ao primeiro semestre.

De uma forma geral, pode afirmar-se que os resultados no primeiro semestre terão sido de melhor qualidade em relação ao segundo semestre, atendendo à orientação das perguntas formuladas por cada aluno. No entanto, há alguns factores que poderão ter influenciado uma orientação mais geral das perguntas, nomeadamente a natureza das situações-problema do segundo semestre, como já discutido na análise dos resultados segundo o nível cognitivo.

Um estudo realizado por Olsher *et al.* (1999), com alunos do ensino secundário, no contexto da disciplina de Biologia, permite de alguma forma compreender os resultados obtidos, sustentando as considerações já feitas. Nesse estudo, verificou-se que “os alunos, de uma forma espontânea, não formulavam questões directamente relacionadas com a natureza dos processos biológicos”. As explicações sugeridas foram a “falta do

conhecimento necessário para as realizar, ou uma maior atracção por outros aspectos, como os aspectos sócio-morais ou as aplicações práticas das biotecnologias”. O número de questões que os alunos formularam sobre os aspectos abstractos e os processos bioquímicos ao nível molecular foi muito limitado comparado com o número de questões que procuravam a clarificação de termos ou que se referiam aos aspectos humanos e sociais do uso das biotecnologias.

Também Cumming e Maxwell (1999) consideram que a linguagem utilizada na descrição das actividades pode camuflar os reais objectivos da avaliação. A “camuflagem” como uma forma de introduzir autenticidade numa actividade de avaliação pode funcionar como um factor de distração para os alunos. Apesar de uma avaliação mais ‘autêntica’ proporcionar uma maior motivação e interesse para os alunos, a sua orientação para a resolução dos problemas pode distanciar-se dos objectivos pretendidos.

3.2. Relação da qualidade das questões com a aprendizagem

Pretendeu-se com esta análise verificar se existia alguma relação entre a qualidade máxima atingida pelos alunos, nas perguntas que formularam, e a classificação final obtida nas disciplinas de Química, em cada semestre.

Para tal, utilizou-se apenas o indicador do nível cognitivo máximo atingido pelos alunos em cada semestre, uma vez que a maioria revelou ter atingido, pelo menos numa das perguntas formuladas em cada semestre, os níveis máximos para a “orientação” e a “relação com a situação-problema”. Assim, consideramos que o nível cognitivo das perguntas é o indicador que melhor permite discriminar, de uma forma independente, a sua qualidade.

Para o primeiro semestre essa relação é ilustrada na Tabela 62.

Tabela 62 – Relação entre a nota final e o nível cognitivo máximo alcançado por aluno, no 1.º semestre

		Nível cognitivo máximo registado no 1º semestre				
		conhecimento factual	compreensão	aplicação/ análise	síntese/ avaliação	Total
nota final 1º semestre	6		1	2		3
	7	1	1			2
	8	1	3	2		6
	10		13	26	8	47
	11		8	13	2	23
	12		1	4	1	6
	13		1	3		4
	14			7	2	9
	15			1	1	2
	16			1	1	2
	17				1	1
Total		2	28	59	16	105

Os resultados da Tabela 62 parecem indicar a existência de uma associação entre o nível cognitivo máximo atingido pelos alunos, nas perguntas que formularam no primeiro semestre, e as classificações finais obtidas na disciplina de Química I. Essa correlação foi confirmada estatisticamente, aplicando o coeficiente de Spearman. O coeficiente obtido foi $r_s=0.279$, tratando-se de uma correlação positiva e significativa ($p<0.05$). Isso indica a existência de uma associação entre níveis cognitivos mais elevados, das perguntas formuladas, e melhores classificações finais na disciplina de Química, no primeiro semestre.

Para o segundo semestre, fez-se a mesma análise, embora a relação entre o nível cognitivo máximo revelado e a classificação final na disciplina não seja tão evidente (Tabela 63).

Tabela 63 - Relação entre a nota final e o nível cognitivo máximo alcançado por aluno, no 2.º semestre

		Nível cognitivo o máximo registado no segundo semestre				
		conhecimento factual	compreensão	aplicação/ análise	síntese/ avaliação	Total
nota final 2º semestre	8		1			1
	9		5			5
	10		8	5	1	14
	11		14	4	4	22
	12	1	7	4	5	17
	13		5	2	1	8
	14	1	4	8	1	14
	15		1	3	1	5
	16		1	3	1	5
	17		4	1	1	6
	19				1	1
Total		2	50	30	16	98

Procurou igualmente averiguar-se a existência de uma relação entre as duas variáveis através do cálculo do coeficiente de Spearman. O resultado obtido foi $r_s=0.225$, que indica uma correlação positiva e significativa ($p<0.05$). Isso confirma, mais uma vez, uma associação entre os níveis máximos atingidos para o nível cognitivo, e melhores classificações finais em Química.

De ressaltar, no entanto, que esta associação é apenas um indicador, não permitindo afirmar uma relação de causalidade entre a qualidade das questões formuladas e a aprendizagem em Química. Algumas considerações deverão ser feitas relativamente a esta análise, como o facto de: i) não considerar a qualidade da totalidade de questões formuladas por cada aluno, mas apenas o seu nível cognitivo máximo, que poderá ter sido revelado apenas numa das questões formuladas; ii) as notas finais das disciplinas não reflectirem apenas a capacidade do aluno em formular questões, mas também os conhecimentos adquiridos e outras competências desenvolvidas no âmbito da Química; e iii) não contemplar a complexidade do processo de avaliação e as inúmeras variáveis envolvidas e não controladas (como a motivação, nervosismo, a pressão ou o tempo limitado). Apesar disso, os resultados são positivos, permitindo afirmar que em ambos os semestres os alunos que revelaram maiores índices de qualidade, em termos do nível cognitivo máximo das perguntas formuladas, foram principalmente alunos que revelaram melhores classificações finais em Química. Por outro lado, os alunos que revelaram níveis cognitivos máximos mais baixos, obtiveram maioritariamente classificações baixas a medianas em Química. No entanto, apesar de o nível cognitivo máximo das perguntas

formuladas explicar alguma da variabilidade em termos das classificações finais obtidas em Química, verificou-se que um número razoável de alunos com classificações finais baixas atingiu, por vezes, níveis cognitivos elevados nas perguntas que formularam (ver Tabelas 62 e 63), o que é um resultado positivo.

3.3. Formulação de questões em contextos formativo e sumativo

Embora não se tenham encontrado diferenças no número total de perguntas formuladas entre as avaliações no contexto formativo e as avaliações sumativas, verificaram-se diferenças quando analisado o número de alunos que formulou perguntas nos dois contextos de avaliação. Esses resultados são expressos na Tabela 64.

Tabela 64 – Número de alunos que formularam perguntas em cada teste de avaliação

	form1_sem1	sum1_sem1	form2_sem1	sum2_sem1	form1_sem2	sum1_sem2	sum2_sem2
	n.º alunos	n.º alunos	n.º alunos	n.º alunos	n.º alunos	n.º alunos	n.º alunos
faltou	38	11	18	13	24	18	23
não formulou perguntas		27	1	4		4	8
formulou perguntas	86	86	105	107	100	102	93
Total	124	124	124	124	124	124	124

Todos os alunos formularam pelo menos uma pergunta nos testes formativos realizados, com excepção do segundo teste formativo do primeiro semestre em que apenas um aluno não fez perguntas.

Pelo contrário, em todos os testes sumativos se registaram alunos que não formularam qualquer pergunta. No primeiro teste sumativo (primeiro semestre) registou-se o valor mais elevado de alunos que não formularam perguntas (n=27). Nos testes sumativos seguintes esse valor foi muito mais reduzido, sendo em média de 5 alunos por teste.

Os alunos entrevistados no primeiro semestre salientaram a falta de tempo para resolverem a situação-problema no primeiro teste sumativo do primeiro semestre, podendo ter sido um dos factores que originou um número elevado de alunos que não formulou perguntas. Nos testes sumativos seguintes foi concedido mais tempo para a sua realização, o que poderá, de alguma forma, explicar um maior número de alunos a formular perguntas.

Segundo Costa *et al.* (2000) seria de esperar que uma actividade cujos resultados se traduzem na avaliação, reflectisse melhores resultados em termos da qualidade e da quantidade das perguntas formuladas. No entanto, no estudo em que utilizaram as questões dos alunos na avaliação e numa situação extra-académica não confirmaram essa expectativa.

Também no nosso estudo não se verificaram diferenças que possam afirmar um maior envolvimento dos alunos num ou noutro contexto de avaliação. Se, por um lado se poderia esperar um melhor desempenho na avaliação sumativa, pois os resultados têm repercussões na classificação final da disciplina, por outro lado um melhor desempenho no contexto formativo também não surpreenderia, pois não estão presentes, à partida, os factores internos e externos, que poderiam condicionar um maior envolvimento e qualidade na formulação de questões.

4. ENTREVISTAS

4.1. Opinião dos alunos

Os dados recolhidos nas entrevistas realizadas com os alunos, no primeiro e segundo semestres, mostraram o reconhecimento de uma melhoria na sua competência de questionamento ao longo do ano lectivo.

Pode também concluir-se que os alunos foram receptivos e revelaram uma atitude positiva perante a implementação de novas e alternativas formas de avaliação, considerando este tipo de estratégias um estímulo às suas capacidades de raciocínio e de resolução de problemas.

De acordo com a opinião geral dos alunos entrevistados, a avaliação formativa realizada e, fundamentalmente, as orientações do professor foram fundamentais no desenvolvimento da sua competência de questionamento e na promoção de uma aprendizagem mais activa em Química.

A inclusão de situações-problema no contexto da avaliação sumativa, assim como a classificação (cotação) atribuída a essas questões foi, na sua opinião, legitimada pela preparação na formulação de perguntas em contexto formativo. Como tal, os alunos não estranharam essa alternativa forma de avaliação, reconhecendo o seu valor.

Salientaram, no entanto, uma maior dificuldade na resolução deste tipo de problemas em relação às situações tradicionais de avaliação, que normalmente valorizam respostas que traduzem a memorização e mecanização de procedimentos.

Este facto é suportado por estudos prévios que revelaram que este tipo de avaliações são mais difíceis e exigentes, por avaliarem capacidades de alto nível cognitivo e porque requerem a formulação de respostas (neste caso, perguntas) originais (Dori, 2003).

Todos os alunos compreenderam o estímulo à formulação de questões por parte do professor, e os objectivos do desenvolvimento desta competência. Salientaram a importância do desenvolvimento destas competências não só na disciplina de química, mas também noutros contextos académicos e, em termos futuros, como profissionais.

4.2. Opinião do professor

As expectativas iniciais do professor, as suas opiniões, assim como a análise que fez de todo o processo de implementação das novas estratégias de avaliação ao longo do ano lectivo, são aqui apresentadas, tendo sido obtidas, fundamentalmente, na entrevista concedida no fim do segundo semestre.

Uma das expectativas iniciais, ao utilizar situações-problema na avaliação como forma de suscitar questões formuladas pelos alunos, era a melhoria significativa do método e rendimento do ensino e aprendizagem, e a promoção no aluno de capacidades de nível cognitivo superior. Segundo o professor, as estratégias de avaliação e de incentivo ao questionamento permitiram aos alunos uma alteração qualitativa no seu método de aprendizagem, “levando-os a memorizar menos, a compreender e reflectir mais”.

A concretização das situações-problema permitiu, também, identificar falhas na aprendizagem que seriam difíceis de detectar de outra forma. Embora, muitas vezes, o resultado da avaliação das perguntas formuladas pelos alunos fosse desmotivante, por ocorrerem com muita frequência perguntas “demasiado lacónicas, desprovidas de informação mínima que permitisse avaliação ou/e de conteúdo analítico, muitas vezes, contraditórias da informação fornecida”, permitiu ao professor tomar conhecimento das principais dificuldades dos alunos na aprendizagem em Química e na formulação de questões. As dificuldades resultaram, muitas vezes, da “incapacidade de uma elevada percentagem dos alunos em efectuar cabalmente o primeiro ponto da metodologia que

lhes foi proposta: recolha de toda a informação objectiva e relevante contida no texto e imagens fornecidas”.

Apesar dessa constatação, o professor salienta “uma melhoria das classificações dos alunos do primeiro para o segundo semestre e um aumento significativo do número de alunos com notas superiores a 15 valores”. A comparação com as classificações finais obtidas em anos lectivos anteriores, inferiores às do ano lectivo de 2004-2005, permite melhor avaliar a influência da formação fornecida aos alunos sobre a formulação de questões. O professor considera que os alunos beneficiaram com essas estratégias, o que se traduziu numa melhoria na aprendizagem em química e, consequentemente, nas classificações finais obtidas.

Desta forma, as novas estratégias de avaliação desenvolvidas foram francamente positivas e reveladoras de aspectos fundamentais para a compreensão da aprendizagem realizada pelos alunos.

O professor sugere, no seu campo de actuação, a “prossecução desses métodos” de avaliação, em articulação com as estratégias de ensino e aprendizagem de incentivo ao questionamento, e uma “maior motivação dos estudantes com vista à adopção de métodos de estudos conducentes à compreensão, reflexão e questionamento das matérias leccionadas”.

Fora do seu campo de actuação, “gostaria que a Universidade de Aveiro adoptasse, de modo devidamente coordenado, esse método de ensino/aprendizagem, pelo menos, no primeiro ano dos cursos de Ciências e Engenharias”.

A integração das questões dos alunos na avaliação, com base nas metodologias adoptadas, foi portanto alcançada com sucesso, permitindo uma articulação com as estratégias de ensino e de aprendizagem promotoras dessa competência nos alunos. Como tal, é algo que o professor defende e recomenda, fundamentalmente no contexto particular do ensino universitário em Portugal.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Principais conclusões

O presente estudo tinha como principal finalidade a concretização da articulação de estratégias de ensino e de aprendizagem, baseadas na competência de questionamento dos alunos, com os métodos de avaliação. Com esta articulação pretendia tornar-se a aprendizagem mais eficaz, envolvendo os alunos numa abordagem que privilegiasse o desenvolvimento de competências de nível cognitivo superior, particularmente o questionamento. Para alcançar estes objectivos, idealizaram-se instrumentos de avaliação específicos, em contextos formativo e sumativo, com recurso a situações-problema em Química, em que era solicitada a formulação de questões aos alunos.

Os resultados da análise e avaliação da qualidade das perguntas formuladas pelos alunos, nos diferentes contextos de avaliação, assim como o seu número, permitem concluir acerca da adequação da metodologia e dos instrumentos adoptados para concretizar a articulação com o ensino e a aprendizagem. Possibilitam, também, tirar conclusões relativamente ao desenvolvimento da competência de questionamento dos alunos ao longo do ano lectivo relacionando-a com a aprendizagem em Química.

A qualidade global das perguntas foi aferida através dos resultados da sua classificação, de forma independente, nas categorias (i) nível cognitivo, (ii) relação com a situação-problema e (iii) orientação.

As perguntas formuladas no contexto específico de cada avaliação revelaram, maioritariamente, baixos níveis cognitivos. A orientação das perguntas foi predominantemente geral e as suas respostas não se encontravam, para a maioria dos casos, fornecidas na informação disponibilizada.

A análise das perguntas formuladas por cada aluno, considerando todas as situações-problema concretizadas no decurso do ano lectivo, revelou que 80% dos alunos conseguiu formular pelo menos uma pergunta de alto nível cognitivo. O facto de 20% dos alunos não terem formulado nenhuma pergunta de nível cognitivo superior poderia, aparentemente, ser interpretado como um resultado menos positivo. No entanto, quando analisado em pormenor, verificou-se que a maioria desses alunos, que apresentaram maioritariamente baixos níveis académicos em Química, revelaram uma evolução do primeiro para o segundo semestre. Isso foi evidente principalmente no número de

perguntas formuladas assim como nos resultados finais na disciplina, ambos superiores no segundo semestre. Estes resultados são considerados positivos pois, embora não atingindo um nível cognitivo superior, ocorreu uma melhoria na competência de questionamento e na aprendizagem desses alunos.

Considerando apenas os resultados globais da análise das perguntas de todo o ano lectivo, torna-se difícil avaliar com fidelidade a real evolução do desempenho dos alunos na formulação de perguntas. Este facto pode ser facilmente explicado pela diversidade de contextos das situações-problema apresentadas, particularmente no segundo semestre. Estas situações particulares condicionaram, de uma forma expressiva, a natureza das perguntas formuladas, como foi já discutido. Esta diversidade traduziu-se em resultados muito heterogéneos que dificultam tirar conclusões fidedignas.

No entanto, foi evidente um maior envolvimento dos alunos na resolução das situações-problema, assim como uma maior facilidade em formular perguntas nos contextos específicos explorados na avaliação. Isso foi confirmado pelo número médio de perguntas formuladas em cada teste, que aumentou do primeiro para o segundo semestre, de 3,2 para 3,9 perguntas por aluno, respectivamente, o que se revela bastante positivo.

Os alunos entrevistados, nos dois semestres, salientaram também essa evolução, que se traduziu num melhor desempenho e numa maior confiança em formular perguntas no decorrer do ano lectivo. Para isso contribuíram, fundamentalmente, as orientações do professor, sobretudo nas situações formativas.

Verificou-se, também, que no contexto de avaliação formativa, todos os alunos formularam pelo menos uma pergunta, ao contrário do que se verificou nos testes sumativos, em que foram sempre registados alguns casos de alunos que não fizeram perguntas. No entanto, não se verificaram diferenças entre os dois contextos de avaliação em termos do número global ou da qualidade das perguntas formuladas, o que parece indicar um desempenho idêntico dos alunos em contexto formativo e sumativo.

Conclui-se, ainda, que as perguntas de maior qualidade foram fundamentalmente formuladas por alunos de nível académico superior. Este foi um resultado da avaliação do professor e também da análise das perguntas no âmbito deste estudo. É interessante confirmar-se o mesmo resultado, atendendo a que os objectivos da análise do professor

para efeitos da avaliação, foram diferentes dos definidos para analisar a qualidade das perguntas no âmbito desta investigação. Estes não consideraram, por exemplo, a correcção e/ou adequação do conteúdo das perguntas no âmbito da Química, critério obviamente fundamental na avaliação realizada pelo professor. Talvez por isso se tenham identificado alguns casos de alunos de baixo nível académico que formularam perguntas de um nível cognitivo superior, o que não deixa de ser um resultado positivo.

Do ponto de vista do professor, todos os alunos terão beneficiado das estratégias de incentivo à formulação de perguntas, nomeadamente no contexto de avaliação, o que reflectiu melhorias na aprendizagem e consequentemente nas classificações finais da disciplina no segundo semestre.

Um outro aspecto decorrente dos resultados da análise das perguntas foi o estabelecimento de correlações entre as três categorias de análise utilizadas. Embora não se tendo estabelecido como hipótese inicial a existência de qualquer relação entre as variáveis de análise, partindo-se de uma classificação independente de todas as perguntas nas três categorias, era de alguma forma previsível que essas relações se fossem verificar.

Assim, constatou-se que as perguntas de baixo nível cognitivo apresentaram maioritariamente uma orientação geral e que as perguntas de alto nível cognitivo foram predominantemente de orientação química. Verificou-se, portanto, que à medida que se consideram níveis cognitivos superiores as questões estão cada vez mais associadas a uma orientação para os aspectos químicos do problema, diminuindo a percentagem de perguntas com uma orientação geral. Verificou-se, também, que as perguntas não orientadas para o problema corresponderam, quase na totalidade, a perguntas de baixo nível cognitivo.

O mesmo tipo de relação se verificou entre o nível cognitivo e a relação com a situação-problema. À medida que se “sobe” na escala do nível cognitivo, o número de perguntas que não encontram resposta na informação fornecida vai aumentando, sendo deste tipo a globalidade das perguntas de nível cognitivo superior.

Foi importante obter esses resultados empiricamente, e confirmá-los estatisticamente, o que poderá representar um bom contributo para futuros estudos neste domínio.

Os resultados, na sua globalidade, revelam a consecução da articulação entre ensino, aprendizagem e avaliação através da metodologia adoptada para a avaliação da

competência de questionamento dos alunos. A utilização das perguntas dos alunos, enquanto método de avaliação complementar às outras estratégias, revelou resultados positivos no desenvolvimento da sua competência de questionamento e na sua aprendizagem em Química.

A integração do questionamento dos alunos na avaliação em Química foi, portanto, concretizada, com base nas metodologias adoptadas, revelando resultados positivos.

O trabalho desenvolvido ao longo de um ano lectivo, e portanto consistente nos resultados que revela, é um exemplo de que a integração da avaliação com o ensino e aprendizagem deve ser valorizado num ensino universitário que se pretende de qualidade.

Limitações do estudo e recomendações para investigações futuras

As principais conclusões do estudo, já referidas e exploradas, permitem uma análise crítica de todo o trabalho desenvolvido, revelando algumas das suas limitações. Permitem também perspectivar novas necessidades de investigação, no sentido do aperfeiçoamento das metodologias e dos instrumentos de avaliação.

Os instrumentos de avaliação foram especificamente concebidos no sentido de proporcionar problemas autênticos aos alunos, cuja resolução deveria ser baseada na formulação de perguntas. Embora na concepção das situações-problema se tenha atendido sempre à mesma estrutura, tornou-se evidente a grande diversidade dessas situações e da natureza das perguntas que despoletou. Se, por um lado, essa diversidade enalteceu a riqueza do estudo, pois permitiu a realização da avaliação em contextos autênticos, por outro, acabou por, de alguma forma, dificultar a análise e classificação das perguntas no âmbito da investigação realizada. Foi por isso muitas vezes necessário estabelecer critérios de classificação de acordo com o contexto específico de cada situação-problema. Tornou-se, portanto, mais difícil encontrar “padrões” globais da qualidade das perguntas e avaliar a sua evolução ao longo do ano lectivo. Este foi um factor que, de alguma forma, condicionou a análise das perguntas e as conclusões com base apenas nesses resultados.

Relativamente aos instrumentos de avaliação concebidos para promover e avaliar a capacidade de questionamento dos alunos, verificou-se a sua adequação ao integrarem as perguntas dos alunos e permitirem a sua avaliação. Dessa forma, foi possível a articulação com as estratégias de ensino e de aprendizagem de incentivo ao questionamento.

Uma limitação desses instrumentos de avaliação, salientada pelo professor na entrevista que concedeu, foi que apenas permitiram avaliar a um nível cognitivo elevado, tendo sido difícil avaliar os alunos de níveis académicos mais baixos a partir das perguntas que formularam. Isto confirma a formulação de perguntas como uma competência de alto nível cognitivo, e a dificuldade de alunos de baixo nível académico em atingir esse nível.

A concretização de instrumentos de avaliação dirigidos à diversidade de alunos, nomeadamente no que diz respeito ao seu nível intelectual/académico, poderia permitir compreender as suas necessidades individuais e as principais dificuldades sentidas na formulação de questões. Assim, recomenda-se em investigações futuras a optimização das situações de avaliação, no sentido de uma adequação a vários níveis de complexidade, pois poderiam permitir uma melhor progressão no desenvolvimento dessa capacidade dos alunos, aumentando a sua auto-confiança. Poderiam também traduzir-se em aprendizagens mais significativas em Química.

A avaliação formativa foi muito valorizada neste estudo, tendo sido salientada a sua importância pelos alunos. Foi considerada fundamental por proporcionar informações correctivas aos alunos e orientações no sentido de um melhor desempenho e por permitir uma preparação no desenvolvimento da competência de formulação de questões. Foi também uma estratégia fundamental para o professor que extraiu informações relevantes sobre as dificuldades dos alunos, permitindo corrigir erros, colmatar falhas e adequar práticas.

Uma valorização da componente formativa da avaliação é considerada como um requisito fundamental para um questionamento de nível elevado, podendo promover melhores resultados em termos do desenvolvimento dessa competência.

Como tal, um maior reforço a esse nível poderá contribuir para melhores resultados no desenvolvimento do questionamento dos alunos e na sua aprendizagem.

A realização de um maior número de situações formativas e em contextos diferenciados, que não apenas a resolução de situações-problema, assim como a

exploração de novas situações de avaliação (nomeadamente em actividades laboratoriais, no contexto de trabalhos de casa ou na leitura de artigos científicos), que promovam essa competência nos alunos, poderá ser considerada em investigações futuras.

Futuramente, seria também interessante aprofundar mais a integração dos objectivos da avaliação das perguntas dos alunos pelo professor, com os objectivos da investigação, utilizados para a sua análise. Uma maior articulação a esse nível, que permitisse utilizar os mesmos critérios na avaliação e análise das perguntas, poderia melhor servir o ensino e a aprendizagem, tornando a investigação ainda mais relevante na prática. Para isso, seria fundamental uma análise das perguntas formuladas nos contextos de avaliação, também do ponto de vista do seu conteúdo e relevância em Química (ou do domínio académico considerado). Uma análise a este nível poderia auxiliar a avaliação das perguntas dos alunos e os resultados obtidos seriam mais facilmente mobilizados e integrados na prática.

O estudo realizado assume especial relevância no actual enquadramento do Processo de Bolonha. As metodologias aqui propostas demonstraram a consecução da articulação entre o ensino, a aprendizagem e a avaliação com base no questionamento dos alunos, uma competência de nível cognitivo superior. Os métodos de ensino, aprendizagem e avaliação adoptados nas disciplinas de Química I e Química II baseiam-se numa lógica de aquisição de competências, que constitui o elemento central do processo de Bolonha. Neste contexto, seria desejável que o presente estudo representasse um contributo positivo para futuras práticas pedagógicas no Ensino Superior, nomeadamente na Universidade de Aveiro.

BIBLIOGRAFIA

- Abrandt Dahlgren, M., & Öberg, G. (2001). Questioning to learn and learning to question: Structure and function of problem-based learning scenarios in environmental science education. *Higher Education*, 41(263-282).
- Alcock, J. (1972). Students' Questions and Teacher's Questions. 21-35.
- Alfke, D. (1974). Asking Operational Questions. *Science and Children*, 1(1), 18-19.
- Allison, A.W., & Shrigley, R.L. (1986). Teaching children to ask operational questions in science. *Science Education*, 70(1), 73-80.
- Andre, T. (1979). Does Answering Higher-Level Questions While Reading Facilitate Productive Learning? *Review of Educational Research*, 49(2), 280-318.
- Beare, R., & Hewitson, J. (1996). Asking and answering all sorts of scientific questions using spreadsheets. *School Science Review*, 77(281), 43-53.
- Beck, T.A. (1998). Are There Any Questions? One Teacher's View of Students and their Questions in a Fourth-Grade Classroom. *Teaching and Teacher Education*, 14(8), 871-886.
- Bell, B., & Cowie, B. (1999). Researching Formative Assessment. In J. Loughran (Ed.), *Researching Teaching* (pp. 198-214). London: Falmer Press.
- Bell, B., & Cowie, B. (2001). The Characteristics of Formative Assessment in Science Education. *Science Education*, 85(5), 536-553.
- Berlyne, D.E., & Frommer, F.D. (1966). Some Determinants of the Incidence and Content of Children's Questions. *Child Development*, 37, 177-189.
- Biddulph, F., Osborne, R., & Freyberg, P. (1983). Investigating Learning in Science at the Primary School Level. *Research in Science Education*, 13, 223-232.
- Biddulph, F., Symington, D., & Osborne, R. (1986). The place of children's questions in primary science education. *Research in Science & Technological Education*, 4(1), 77-88.
- Biggs, J. (1999). *Teaching for quality learning at University*. Buckingham: Open University Press.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998a). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7-73.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998b). Inside the black box: raising standards through classroom assesement. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139-148.
- Blank, S.S., & Covington, M. (1965). Inducing Children to Ask Questions In Solving Problems. *The Journal of Educational Research*, 59(1), 21-27.
- Bloom, B.S., Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The classification of educational goals, Handbook 1: Cognitive Domain*. New York: David Mckay.

- Brown, S., & Knight, P. (1994). *Assessing Learners in Higher Education*. London: Kogan Page.
- Buseri, J.C. (1987). The influence of culture on pupils' questioning habits in Nigerian secondary schools. *International Journal of Science Education*, 9(5), 579-584.
- Chin, C., Brown, D.E., & Bruce, B.C. (2002). Student-generated questions: a meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 521-549.
- Chin, C., & Kayalvizhi, G. (2002). Posing Problems for Open Investigations: what questions do pupils ask? *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 269-287.
- Ciardiello, A.V. (1998). Did you Ask a Good Question Today? Alternative Cognitive and Metacognitive Strategies. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 42(3), 210-219.
- Costa, J., Caldeira, H., Gallástegui, J.R., & Otero, J. (2000). An analysis of question asking on scientific texts explaining natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 602-614.
- Cuccio-Schirripa, S., & Steiner, H.E. (2000). Enhancement and Analysis of Science Question Level for Middle School Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 210-224.
- Cumming, J.J., & Maxwell, G.S. (1999). Contextualising authentic assessment. *Assessment in Education*, 6(2), 177-194.
- Cunningham, R.T. (1971). Developing Question-Asking Skills. In J. E. Weigand (Ed.), *Developing Teacher Competencies* (pp. 81-130). Englewood Cliffs:Prentice-Hall.
- Davey, B., & McBride, S. (1986a). Effects of Question-Generation Training on Reading Comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 78(4), 256-262.
- Davey, B., & McBride, S. (1986b). Generating self-questions after reading: a comprehension assist for elementary students. *Journal of Educational Research*, 80(1), 43-46.
- Dierick, S., & Dochy, F. (2001). New Lines in Edumetrics: New Forms of Assessment Lead to New Assessment Criteria. *Studies in Educational Evaluation*, 27, 307-329.
- Dillon, J.T. (1981). A Norm Against Student Questions. *The Clearing House*, 55, 136-139.
- Dillon, J.T. (1982). The Effect of Questions in Education and other Enterprises. *Journal of Curriculum Studies*, 14(2), 127-152.
- Dillon, J.T. (1986). Student questions and individual learning. *Educational Theory*, 36(4), 333-341.
- Dillon, J.T. (1988). The Remedial Status of Student Questioning. *Journal of Curriculum Studies*, 20(3), 197-210.

- Dori, Y.J. (2003). From Nationwide Standardized Testing to School-Based Alternative Embedded Assessment in Israel: Students' Performance in the Matriculation 2000 Project. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(1), 34-52.
- Dori, Y.J., & Herscovitz, O. (1999). Question-Posing Capability as an Alternative Evaluation Method: Analysis of an Environmental Case Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 411-430.
- Fahey, G.L. (1942a). The extent of classroom questioning activity of high-school pupils and the relation of such activity to other factors of pedagogical significance. *The Journal of Educational Psychology*, 33, 128-137.
- Fahey, G.L. (1942b). The Questioning Activity of Children. *The Journal of Genetic Psychology*, 60, 337-357.
- Flammer, A. (1981). Towards a Theory of Question Asking. *Psychological Research*, 43, 407-420.
- Foos, P.W., Mora, J.J., & Tkacz, S. (1994). Student study techniques and the generation effect. *Journal of Educational Psychology*, 86(4), 567-576.
- Gijbels, D., Van de Watering, G., & Dochy, F. (2005). Integrating assessment tasks in a problem-based learning environment. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 30(1), 73-86.
- Glover, J.A., & Zimmer, J.W. (1982). Procedures to Influence Levels of Questions Asked by Students. *The Journal of General Psychology*, 107, 267-276.
- Good, T.L., Slavings, R.L., Harel, K.H., & Emerson, H. (1987). Student passivity: A study of question asking in K-12 classrooms. *Sociology of Education*, 60, 181-199.
- Graesser, A.C., & Person, N.K. (1994). Question Asking During Tutoring. *American Educational Research Journal*, 31, 104-137.
- Hakkarainen, K. (2003). Emergence of Progressive-Inquiry Culture in Computer-Supported Collaborative Learning. *Learning Environments Research*, 6, 199-220.
- Harper, K.A., Lin, Y., & Etkina, E. (2003). Encouraging and Analyzing Student Questions in a Large Physics Course: Meaningful Patterns for Instructors. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 776-791.
- Hartford, F., & Good, R. (1982). Training Chemistry Students to Ask Research Questions. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(7), 559-570.
- Heywood, J. (2000). *Assessment in Higher Education - Student Learning, Teaching, Programmes and Institutions*, Vol. 56. London: Jessica Kingsley Publishers.
- Higgins, R., Hartley, P., & Skelton, A. (2002). The conscientious consumer: reconsidering the role of assessment feedback in student learning. *Studies in Higher Education*, 27(1), 53-64.

- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806.
- Ikuenobe, P. (2001). Questioning as an epistemic process of critical thinking. *Educational Philosophy and Theory*, 33(4), 325-341.
- Janssen, T. (2002). Instruction in self-questioning as a literary reading strategy: an exploration of empirical research. *Educational Studies in Language and Literature*, 2, 95-120.
- King, A. (1992). Facilitating elaborative learning through guided student-generated questioning. *Educational Psychologist*, 27(1), 111-126.
- King, A. (1994). Autonomy and Question Asking: The Role of Personal Control in Guided Student-Generated Questioning. *Learning and Individual Differences*, 6(2), 163-185.
- Loy, G.L., Gelula, M.H., & Vontver, L.A. (2004). Teaching students to question. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 191(5), 1752-1756.
- Lubezky, A., Dori, Y.J., & Zoller, U. (2004). HOCS-Promoting Assessment of Students' Performance on Environment-Related Undergraduate Chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(2), 175-184.
- Maclellan, E. (2004). How convincing is alternative assessment for use in higher education? *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 29(3), 311-321.
- Macías, A. (2003). Las Preguntas como Estrategia para la Comprensión de Textos de Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 16(1), 17-26.
- Marbach-Ad, G., & Sokolove, P.G. (2000). Can Undergraduate Biology Students Learn to Ask Higher Level Questions? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 854-870.
- Martens, R., & Dochy, F. (1997). Assessment and Feedback as Student Support Devices. *Studies in Educational Evaluation*, 23(3), 257-273.
- Maskill, R., & Pedrosa de Jesus, H. (1997a). Asking Model Questions. *Education in Chemistry*, 34, 132-134.
- Maskill, R., & Pedrosa de Jesus, H. (1997b). Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education*, 19(7), 781-799.
- Mason, J. (2000). Asking mathematical questions mathematically. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 31(1), 97-111.
- Miyake, N., & Norman, D.A. (1979). To Ask a Question, One Must Know Enough to Know What is Not Known. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 357-364.

- Nappel, S.M. (1978). Using Questions to Enhance Classroom Learning. *Education*, 99(2), 188-197.
- Olmo, B.G. (1975). Teaching Students to Ask Questions. *Language Arts*, 1116-1119.
- Olsher, G., Berl, D.B., & Dreyfus, A. (1999). Biotechnologies as a context for enhancing junior high-school students' ability to ask meaningful questions about abstract biological processes. *International Journal of Science Education*, 21(2), 137-153.
- Orsmond, P., Merry, S., & Reiling, K. (2005). Biology students' utilization of tutors' formative feedback: a qualitative interview study. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 30(4), 369-386.
- Osman, M.E., & Hannafin, M.J. (1994). Effects of advance questioning and prior knowledge on science learning. *Journal of Educational Research*, 5-13.
- Otero, J., Caldeira, H., & Gomes, C.J. (2004). The influence of the length of causal chains on question asking and on the comprehensibility of scientific texts. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 50-62.
- Pedrosa de Jesus, H. (1997). O papel das perguntas no desenvolvimento de estratégias construtivistas de ensino: sua relevância na formação inicial e contínua de professores, *Comunicação oral apresentada no II Congresso Internacional sobre Formação de Professores nos Países de Língua e Expressão Portuguesas*. Porto Alegre, Brasil.
- Pedrosa de Jesus, H., Almeida, P., & Watts, M. (2004). Questioning Styles and Students' Learning: Four Case Studies. *Educational Psychology*, 24(4), 531-548.
- Pedrosa de Jesus, H., Neri de Souza, F., & Teixeira-Dias, J.J.C. (2003a). Comunicação em Química e Novos Desafios da Aprendizagem, *Comunicação oral apresentada no III Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação de Química*. Póvoa de Varzim, Portugal.
- Pedrosa de Jesus, H., Neri de Souza, F., Teixeira-Dias, J.J.C., & Watts, M. (2005a). Organising the chemistry of question-based learning: a case study. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 179-193.
- Pedrosa de Jesus, H., Teixeira-Dias, J.J.C., & Watts, M. (2003b). Questions of Chemistry. *International Journal of Science Education*, 25(8), 1015-1034.
- Pedrosa de Jesus, M.H. (1991). *An Investigation of Pupils' Questions in Science Teaching*. Unpublished Ph.D. Thesis, University of East Anglia, Norwich, UK.
- Pedrosa de Jesus, M.H., Almeida, P., & Watts, M. (2005b). Orchestrating learning and teaching in inter-disciplinary chemistry. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 5(1), 71-84.
- Pedrosa de Jesus, M.H.T. (1987). *A Descriptive Study of Some Science Teachers Questioning Practices*. Unpublished Master Thesis, University of East Anglia, Norwich, UK.

- Pizzini, E.L., & Shepardson, D.P. (1991). Student Questioning in the Presence of the Teacher during Problem Solving in Science. *School Science and Mathematics*, 91(8), 348-352.
- Quivy, R., & Campenhoudt, L.V. (1992). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*, 1st ed. Lisboa: Gradiva.
- Rosenshine, B., Meister, C., & Chapman, S. (1996). Teaching Students to Generate Questions: A Review of the Intervention Studies. *Review of Educational Research*, 66(2), 181-221.
- Rust, C. (2002). The impact of assessment on student learning. *Active learning in Higher Education*, 3(2), 145-158.
- Rust, C., O'Donovan, B., & Price, M. (2005). A social constructivist assessment process model: how the research literature shows this could be the best practice. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 30(3), 231-240.
- Sadker, M., & Cooper, J. (1974). Increasing Student Higher-Order Questions. *Elementary English*, 502-507.
- Shodell, M. (1995). The question-driven classroom: student questions as course curriculum in biology. *The American Biology Teacher*, 57(5), 278-281.
- Struyven, K., Dochy, F., & Janssens, S. (2005). Students' perceptions about evaluation and assessment in higher education: a review. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 30(4), 325-341.
- Susskind, E. (1969). The role of question-asking in the elementary school classroom. In F. Kaplan & S. B. Sarason (Eds.), *The Psycho-Educational Clinic - Papers and Research Studies* (pp. 130-151)
- Susskind, E. (1979). Encouraging teachers to encourage children's curiosity: A pivotal competence. *Journal of Clinical Child Psychology, Summer*, 101-106.
- Tal, R.T., Dori, Y.J., & Lazarowitz, R. (2000). A project-based alternative assessment system. *Studies in Educational Evaluation*, 26, 171-191.
- Teixeira-Dias, J.J.C., Pedrosa de Jesus, H., Neri de Souza, F., & Watts, M. (2005). Teaching for quality learning in chemistry. *International Journal of Science Education*, 27(9), 1123-1137.
- Treagust, D.F., Jacobowitz, R., Gallagher, J.J., & Parker, J. (2001). Using assessment as a guide in teaching and understanding: A case study of a middle school science class learning about sound. *Science Education*, 85, 137-157.
- Tsaparlis, G., & Zoller, U. (2003). Evaluation of higher vs. lower-order cognitive skills-type examinations in chemistry: implications for university in-class assessment and examinations. *University Chemical Education*, 7(2), 50-57.

- Tuckman, B.W. (2005). *Manual de Investigação em Educação - Como conceber e realizar o processo de investigação em Educação*, 3^a ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- van der Meij, H. (1988). Constraints on Question Asking in Classrooms. *Journal of Educational Psychology*, 80(3), 401-405.
- van der Meij, H. (1994). Student Questioning: A Componential Analysis. *Learning and Individual Differences*, 6(2), 137-161.
- van Hattum-Janssen, N., Pacheco, J.A., & Vasconcelos, R.M. (2004). The accuracy of student grading in first-year engineering courses. *European Journal of Engineering Education*, 29(2), 291-298.
- Watts, M. (2003). The Orchestration of Learning and Teaching Methods in Science Education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 3(4), 451-464.
- William, D., Lee, C., Harrison, C., & Black, P. (2004). Teachers developing assessment for learning: impact on student achievement. *Assessment in Education*, 11(1), 49-65.
- Zoller, U. (1987). The Fostering of Question-Asking Capability. *Journal of Chemical Education*, 64(6), 510-512.
- Zoller, U. (1993). Are Lecture and Learning Compatible? Maybe for LOCS; Unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 195-197.
- Zoller, U. (1994). The Examination Where the Students Asks the Questions. *School Science and Mathematics*, 94(7), 347-349.
- Zoller, U. (2000). Interdisciplinary systemic HOCS development - The key for meaningful STES oriented chemical education. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(2), 189-200.
- Zoller, U. (2001). Alternative assessment as (critical) means of facilitating HOCS-promoting teaching and learning in chemistry education. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2(1), 9-17.

ANEXOS

Anexo I

Guiões das entrevistas com os alunos (1.º e 2.º semestres)

Guião da entrevista com os alunos - Química I (final do 1º semestre)

Objectivo Geral: Conhecer a opinião dos alunos sobre a estratégias de incentivo ao questionamento e sobre a nova metodologia de avaliação das questões.

Blocos temáticos	Objectivos específicos	Formulário de perguntas	Tópicos
Legitimação da entrevista	<ul style="list-style-type: none"> - Legitimar a entrevista - Motivar o entrevistado 		<ul style="list-style-type: none"> - Informar, em linhas gerais acerca do trabalho de investigação - Agradecer a colaboração do aluno - Pedir consentimento para gravação áudio - Assegurar confidencialidade das informações fornecidas
Incentivo ao questionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer a opinião do aluno sobre o incentivo às suas questões 	<ul style="list-style-type: none"> - Sentes uma estratégia efectiva do professor em motivar as questões dos alunos? - Sentes à vontade para colocar questões oralmente nas aulas? - Qual julgas ser o(s) motivo(s) da valorização dessa competência pelo professor? - Consideras importante a capacidade para formular questões? 	<ul style="list-style-type: none"> - Incentivo às perguntas (orais e escritas) - Importância do questionamento
Utilização dos instrumentos / meios disponíveis para colocar questões	<ul style="list-style-type: none"> - Constatar a funcionalidade e vantagens de utilização dos diferentes meios/instrumentos disponibilizados 	<ul style="list-style-type: none"> - Qual o meio preferido para colocar perguntas ao professor (oralmente, por escrito)? Porquê? - Qual a opinião relativamente ao software “QQ”? Utilizas com que frequência e em que situações? - E a caixa das questões? - Consideras que estes instrumentos reforçam as estratégias do professor? 	<ul style="list-style-type: none"> - Instrumentos de recolha de perguntas escritas: funcionalidade, vantagens, incentivo para a sua utilização, compreensão das suas funções, sugestões de melhoria
Situações-problema: avaliação formativa e sumativa	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer a opinião do aluno sobre diversos aspectos funcionais das situações-problema e dos momentos formativos e sumativos 	<ul style="list-style-type: none"> - Sentiste dificuldade na resolução da primeira situação formativa? - O que consideras relativamente ao tipo/natureza da informação fornecida nas situações-problema? - Consideraste favorável a consulta do material das aulas teóricas na resolução dessas situações? - Qual a situação-problema que achaste mais interessante? Porquê? - Consideras a motivação um factor importante para despoletar mais questões e de melhor qualidade? 	

		<ul style="list-style-type: none"> - Consideraste o número de testes formativos (2) suficiente? - Que sugestões farias no sentido de melhorar os momentos formativos? - Sentiste diferenças no desempenho no contexto formativo em relação ao sumativo? - As alterações no último teste sumativo foram positivas (mais tempo para resolver o teste e maior cotação da situação-problema)? - Qual o tempo (em média) que julgas necessário para analisar correctamente uma situação-problema e formular questões a seu respeito? 	- Número e qualidade das questões.
O <i>feedback</i> do professor	- Constatar a importância do <i>feedback</i> do professor na avaliação	<ul style="list-style-type: none"> - O <i>feedback</i> do professor sobre o desempenho nas situações formativas e sumativas foi positivo? - As orientações dadas pelo professor foram úteis, no sentido da formulação de questões de melhor qualidade? 	
Influência do incentivo ao questionamento na aprendizagem	- Verificar a importância das questões dos alunos na aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> - Consideras que as estratégias de incentivo ao questionamento, e a avaliação, influenciaram a aprendizagem? De que forma? - Gostarias de acrescentar algum aspecto, que não tenha sido referido? 	- Envolvimento na aprendizagem, interacção com o professor.

Guião da entrevista com os alunos - Química II (final do 2º semestre)

Objectivo Geral: Conhecer /confirmar a opinião dos alunos relativamente à nova metodologia de avaliação das questões dos alunos.

Blocos temáticos	Objectivos específicos	Formulário de perguntas	Tópicos
Legitimação da entrevista	<ul style="list-style-type: none"> - Legitimar a entrevista - Motivar o entrevistado 		<ul style="list-style-type: none"> - Informar, em linhas gerais acerca do trabalho de investigação - Agradecer a colaboração do aluno - Pedir consentimento para gravação áudio - Assegurar confidencialidade das informações fornecidas
Estratégias de incentivo ao questionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender a opinião do aluno sobre as estratégias de incentivo às suas questões 	<ul style="list-style-type: none"> - Sentes um incentivo, uma estratégia do professor para que façam perguntas durante as aulas? - Consideras importante essas estratégias? Porquê? - Qual a opinião relativamente ao software “QQ” e à “Caixa de Questões”? - Sentes-te motivado para a sua utilização? Porquê? - O facto de as perguntas dos alunos terem sido incluídas e valorizadas na avaliação contribuiu, de alguma forma, para a melhoria dessa capacidade? 	<ul style="list-style-type: none"> - Incentivo às perguntas por parte do professor (orais e escritas) - Importância do questionamento - Instrumentos de recolha de perguntas escritas: QQ e caixa de questões
A avaliação das perguntas dos alunos	<ul style="list-style-type: none"> - Constatar a existência de articulação entre ensino, aprendizagem e avaliação, no que concerne às estratégias de incentivo ao questionamento - Conhecer a opinião do aluno em relação aos vários aspectos da avaliação formativa 	<ul style="list-style-type: none"> - Consideras que a introdução de situações-problema nos testes de avaliação está de acordo (em articulação) com as estratégias adoptadas nas aulas? - Qual a opinião relativamente à avaliação formativa? Contribuiu de alguma forma para um melhor desempenho nos testes sumativos? - Qual a importância das orientações e <i>feedback</i> do professor após cada situação de avaliação (principalmente nas formativas)? - Achas que o número de situações formativas foi suficiente, ao longo de cada um dos semestres? - Que sugestões darias no sentido de melhorar a avaliação formativa? Que outro tipo de situações poderiam ser criadas? - Consideras adequada a valorização (cotação) da “Pergunta 34” nos testes de avaliação sumativa? - Sentiste alguma diferença de desempenho na resolução de 	<ul style="list-style-type: none"> - “Alignment” - Avaliação formativa: vantagens; número e tipo de situações-problema; <i>feedback</i> do professor - Sugestões de melhoria da avaliação formativa - Cotação/valorização - Diferenças no desempenho: avaliação formativa / sumativa

		situações-problema em contexto formativo ou sumativo? Se sim, a que se deveu?	
O questionamento e implicações na aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmar a ocorrência de alguma evolução na capacidade de questionamento do aluno - Verificar as implicações da avaliação (da capacidade de formular perguntas) no interesse e envolvimento na aprendizagem 	<ul style="list-style-type: none"> - Sentiste alguma evolução/melhoria na capacidade para formular questões ao longo do ano lectivo? O que contribuiu para que isso acontecesse? - A introdução de situações-problema na avaliação teve alguma repercussão no interesse, motivação e envolvimento na aprendizagem em química? (Em que aspectos? De que forma?) 	<ul style="list-style-type: none"> - Evolução na formulação de questões - Importância das perguntas do aluno no envolvimento e na aprendizagem em química
Os miniprojectos	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer a motivação do aluno para a participação nos miniprojectos - Conhecer a opinião do aluno relativamente à auto-avaliação 	<ul style="list-style-type: none"> - Qual o motivo que levou à participação nos miniprojectos? - Foi importante a formulação de perguntas em alguma fase do trabalho? Quando? Porquê? - Como consideras a auto-avaliação e a avaliação dos colegas de grupo? 	<ul style="list-style-type: none"> - Motivo da participação - Formulação de perguntas no desenvolvimento do trabalho - Auto-avaliação

Anexo II

Guião da entrevista com o professor

Guião da entrevista com o professor (final do 2º Semestre)

Objectivo geral: Clarificar a opinião e expectativas do professor face à utilização da nova metodologia de avaliação incluindo as questões dos alunos.

Bloco temático	Objectivos específicos	Perguntas	Tópicos
Legitimação da entrevista	<ul style="list-style-type: none"> - Agradecer a colaboração do professor - Pedir permissão para a gravação áudio da entrevista 		
Preparação das situações-problema	<p>Clarificar os critérios inerentes à elaboração das situações-problema</p> <p>Conhecer as expectativas do professor em relação ao método de avaliação a ser implementado</p>	<p>1. Em que critérios se baseou para a selecção do tema, textos e imagens na elaboração das situações-problema?</p> <p>2. Que expectativas criou durante esse processo (de elaboração dos problemas)?</p> <p>3. Os resultados obtidos (as questões que os alunos realizaram) foram de encontro às expectativas iniciais?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Principais preocupações na selecção do tema e conteúdo das situações-problema - Expectativas em relação ao tipo de questões que os alunos poderiam colocar
CrITÉRIOS de avaliação	Clarificar os critérios de avaliação utilizados, em contexto formativo e sumativo	<p>4. Que critérios de avaliação foram utilizados (avaliação sumativa e formativa)?</p> <p>5. Quais as principais dificuldades sentidas ao avaliar/classificar as questões dos alunos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Orientações/critérios para avaliação das questões - Cotações atribuídas
Importância e limitações do novo método de avaliação		<p>6. Que aspectos positivos há a salientar desta nova metodologia de avaliação?</p> <p>7. E quais as suas limitações?</p> <p>8. Que sugestões para melhorar a avaliação da competência de questionamento dos alunos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contributo para o ensino e aprendizagem

Anexo III

Documento de validação da classificação das questões

VALIDAÇÃO DE UMA CLASSIFICAÇÃO DAS PERGUNTAS DOS ALUNOS

Contextualização

Este estudo decorre no âmbito do projecto de mestrado *“As perguntas alunos na avaliação em Química”* com alunos do primeiro ano de diferentes licenciaturas em Ciências e Engenharias, a frequentar as disciplinas de Química I (primeiro semestre) e Química II (segundo semestre), da Universidade de Aveiro. O seu principal objectivo é implementar estratégias de avaliação que permitam avaliar a capacidade de questionamento dos alunos, procurando uma articulação com as estratégias de ensino e aprendizagem, que visam estimular e promover essa capacidade.

Nesse sentido, foram desenvolvidos instrumentos de avaliação formativa e sumativa, em formato escrito, que consistem na apresentação de uma situação-problema descrevendo fenómenos naturais e/ou do quotidiano e relacionada com um capítulo de química previamente leccionado. Após a leitura e observação da informação fornecida, os alunos são solicitados a formular perguntas cujas respostas lhes permitam a compreensão do problema apresentado, explicando de seguida as razões pelas quais formularam cada uma delas.

Sendo fundamental classificar as perguntas dos alunos, torna-se, por isso, necessário validar o seu instrumento de classificação. As perguntas seleccionadas para validação dizem respeito a problemas apresentados no primeiro semestre, num contexto de avaliação formativa. A primeira situação enquadra-se no capítulo “Água”, e diz respeito ao processo de electrificação das nuvens ⁽¹⁾. A segunda está relacionada com a aplicação do fármaco talidomida ⁽²⁾ e enquadra-se no capítulo “Arquitectura Molecular”. Seguidamente apresenta-se a informação fornecida aos alunos em cada uma das situações:

(¹) Electrificação das nuvens:



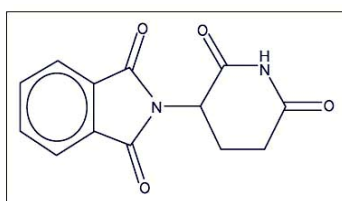
“Nas nuvens, os cristais de gelo de menores dimensões e, conseqüentemente, mais leves, impulsionados pelas correntes ascendentes de ar quente da atmosfera, colidem com os cristais maiores (granizo), adquirindo carga positiva e deixando carga negativa nas pedras de granizo (ver destaque na figura) que descem para a parte inferior das nuvens. Como resultado destas colisões, as nuvens ficam carregadas positivamente na parte superior e carregadas negativamente na sua base.

Formule a(as) questão(ões) que ache pertinente(s) para uma melhor compreensão do processo de electrificação das nuvens e explique por que razão(ões) a(s) formula.”

(²) Talidomida:

“A Talidomida é o nome de um medicamento que surgiu na Alemanha Ocidental, em 1957, para tratamento de insónias e de enjoo matinal em mulheres grávidas. Aparentemente não apresentava efeitos secundários. A administração do fármaco durante os primeiros meses de gravidez foi mais tarde relacionada com anomalias no desenvolvimento fetal, tendo sido responsável por mais de 10 000 casos registados de malformações ao nível da espinal medula e dos membros. Tratou-se de um dos episódios mais negros da história da medicina na segunda metade do século passado.

A Talidomida ($C_{13}H_{10}N_2O_4$) é uma molécula quiral com a seguinte fórmula de estrutura:



Admita recuar aos anos 50, antes do lançamento público do fármaco ‘talidomida’. Formule questões de investigação cujas respostas contribuam para evitar o desastre causado. Explique a(s) razão(ões) que o levaram a formular cada uma das questões apresentadas.”

CATEGORIAS DE CLASSIFICAÇÃO DAS PERGUNTAS

A categorização aqui apresentada sugere a classificação de cada pergunta em duas categorias principais: **o nível cognitivo (C)** e a **relação da pergunta com a situação-problema** apresentada

(R). As categorias estabelecidas para o nível cognitivo baseiam-se na taxonomia de Bloom (Bloom et al, 1956) e nas classificações de Harper, Lin e Etkina (2003) e de Pedrosa de Jesus (1987). A categoria da relação com a situação problema é baseada em Dori e Herscovitz (1999). Cada pergunta é classificada nas duas categorias principais, de acordo com a seguinte descrição:

C. Nível Cognitivo

C1. Perguntas que apelam ao conhecimento factual: estas perguntas *procuram a aquisição de informação precisa e específica*, como simples ideias, factos ou conceitos (que podem ser isolados e lembrados separadamente). Na formulação deste tipo de perguntas e respectivas respostas estão envolvidos processos mentais tais como: nomear/reconhecer, definir, identificar, designar ou dar respostas sim/não. São perguntas efectuadas *com vista à confirmação ou clarificação dos dados fornecidos*. Frequentemente a resposta pode ser obtida através da leitura e observação das informações fornecidas.

C2. Perguntas que apelam à compreensão: estas perguntas *procuram uma melhor compreensão* dos fenómenos e processos descritos. Os processos mentais envolvidos incluem a interpretação da informação fornecida, podendo também conjecturar sobre as causas e/ou consequências/implicações da situação descrita (reconhecimento da limitação dos dados). Todos estes processos são *baseados apenas nos dados fornecidos*, não havendo qualquer tipo de abstracção ou integração de informação não fornecida.

C3. Perguntas que revelam aplicação e/ou análise: nestas perguntas é evidente a *utilização de conhecimentos ou conceitos prévios*, de química e/ou de outras áreas disciplinares ou não disciplinares, no estabelecimento de relações com o fenómeno descrito. As perguntas podem revelar uma análise cuidada dos elementos fornecidos e das suas relações e/ou *identificar os conceitos relevantes omitidos* e a sua importância para a compreensão do fenómeno.

C4. Perguntas que contêm elementos de síntese e/ou avaliação: estas perguntas *vão para além dos dados disponibilizados*, avançando com previsões, formulação de hipóteses, inferências, conclusões ou generalizações. São relacionados conhecimentos prévios na *criação de "novo conhecimento"*.

As perguntas podem revelar a *avaliação das evidências* e/ou *tomada de posição/decisão*, podendo também emitir *juízos de valor* ou *opiniões pessoais*.

R. Relação com a situação-problema:

R1. A resposta à pergunta é totalmente fornecida na descrição da situação (texto e imagens).

R2. A resposta encontra-se parcialmente descrita (ou de uma forma implícita) na informação fornecida (texto e imagens).

R3. A resposta à pergunta não se encontra na informação fornecida (texto e imagens).

Na Tabela que se segue apresentam-se 10 perguntas formuladas no âmbito das duas situações atrás apresentadas (pág. 2). Solicitamos-lhe que classifique cada uma delas de acordo com as categorias descritas: **nível cognitivo** (códigos C1 a C4) e **relação com a situação-problema** (códigos R1 a R3):

<i>Perguntas</i>	Categorias	
	<u>Nível Cognitivo</u> (C)	<u>Relação com a situação-problema</u> (R)
Electrificação das Nuvens		
1. É devido à maior leveza dos cristais de gelo que as nuvens ficam positivamente carregadas na parte superior?		
2. Porque é que são os cristais de gelo mais leves que têm a carga positiva e porque é que são os maiores que adquirem carga negativa?		
3. Há uma contínua circulação de ar? Ou os cristais sobem e mantêm-se lá?		
4. O sinal das partículas à superfície da Terra interfere no processo de electrificação das nuvens?		
5. A distribuição das cargas pelos dois cristais de gelo é devida às suas dimensões?		
Talidomida		
6. Na produção em massa desse medicamento, será que se vai conseguir produzir apenas a molécula quiral que não é prejudicial?		
7. Será que a molécula ao ser administrada por mulheres grávidas como meio de tratar as insónias e o enjoo matinal, não vai provocar nenhum efeito secundário?		
8. Por que motivo os fetos gerados só teriam problemas apenas ao nível da espinal medula e dos membros?		
9. Os efeitos secundários causados pela talidomida serão consequência de um mau ajuste entre esta molécula e o receptor quiral?		
10. Sabendo-se que o resultado experimental prevalece sobre o resultado teórico, quais foram os argumentos utilizados para que se procedesse à administração de um medicamento que até ao momento não tinha resultados visíveis e práticos?		

Por favor, verifique se classificou todas as perguntas.

Obrigada pela sua colaboração!